
علم المعادن
دكتور/ عماد محمد إبراهيم خليل
استاذ م. بقسم الجيولوجيا
كلية العلوم – جامعة الزقايق – جمهورية مصر العربية

إهداء

كتاب علم المعادن

إهدي نسخة من كتابي "علم المعادن " إلي

مكتبة كلية العلوم – جامعة الزقازيق.

وإلي جميع زملائي الدكاترة الأفاضل بقسم الجيولوجيا .

وإلي طلبة الحاضر والمستقبل طلابي بقسم الجيولوجيا .

مع تحياتي وتقديري ،

د . عماد محمد إبراهيم خليل



رقم الإيداع : 11426

الترقيم الدولي: 6 - 3199 -90 -977 - 978

إنشاء المختبر الجيولوجي بمدرسة راشد الثانوية بدبي من قبل د.عماد محمد إبراهيم خليل







بسم الله الرحمن الرحيم

شهادة تقدير

يسر إدارة منطقة دبي التعليمية ، وتوجيه مادة الجيولوجيا
أن تتقدم بخالص الشكر والتقدير الى
الأستاذ الدكتور / عماد محمد ابراهيم خليل
لما بذله من جهد وتعاون صادق في إنشاء مختبر ومركز
خاص بمادة الجيولوجيا في مدرسة راشد الثانوية - حتا
متمنين له دوام الابداع والتقدم في عمله
والله ولي التوفيق

صدرت في دبي بتاريخ : الرابع من ربيع الأول سنة ١٤٢٤ هجرية ، الموافق للخامس من مايو سنة ٢٠٠٣ ميلادية

موجه الجيولوجيا
محمد فتح الله علي

مدير المنطقة
د . أيوب عبدالله بدري

قيادات تعليمية دبي يزورون مدرسة راشد الثانوية بحتا

استضاف علي حمد غريب مدير مدرسة راشد الثانوية المشتركة للبنين بحتا مؤخرا عشرين من قيادات منطقة دبي التعليمية وكان على رأسهم الموجه الاداري عبدالواحد الكمالي وعبدالعزيز علي رئيس الادارة التربوية والدكتور حمد الشيباني مدير منطقة دبي التعليمية سابقا وعددا كبيرا من إدارات المدارس وعلى رأسهم يوسف سالم مدير مدرسة بدر الاعدادية ومحمد الماس خميس مدير مدرسة الامارات وصالح العبدولي مدير المعارف، عبدالله الحلو مدير ثانوية دبي ومحمد المريد مدير مدرسة آل مكتوم.

وقد أعد مدير راشد الثانوية برنامجا لاستقبالهم ليوم كامل. بدأت بجولة داخل المدرسة اطلع الزائرون خلالها على المتحف الجيولوجي بالمدرسة استمعوا خلالها إلى شرح مفصل عن أنواع الصخور المعروضة والتي جمعت من منطقة حتا وبعض المناطق الأخرى من معلم الجيولوجيا الدكتور عماد محمد إبراهيم كما تفقدوا بعض المرافق كالملاعب الرياضية.

وتناولوا وجبة الغذاء في النادي الاجتماعي بالمدرسة وبدأت الجولة الخارجية للأماكن الأثرية بمنطقة حتا بدءا بوادي القحفي والقرية التراثية وبعض الأودية. ثم جلسة سمر حتى الساعة العاشرة مساء تخللتها وجبة العشاء.

مقال في جريدة البيان الإماراتية .

بسم الله الرحمن الرحيم

اللهم إني أسألك علما نافعاً، وأعوذ بك من علم لا ينفع

إليك ربي اهـدي عملي هـذا عله يكـون سجـلاً ولو صغيـراً في صحيفـة أعمـالي .
اللهم بـارك لـي وبـارك فـي وارض عنـي .
فـأن رضـاك هو جـل مبتغـاي .
والحمـد الله رب العاليـن.

محتويات الكتاب

المقدمة

أن علم المعادن علم متكامل الوحدات ، إلا أنه لغرض الدراسة ومعالجة موضوع المعادن في هذا الكتاب بطريقة سهلة يمكننا تقسيم العلم إلى: الفصل الأول: تعريف عام ، الفصل الثاني: البلورات والخواص البلورية للمعادن Crystallography ، الفصل الثالث: الخواص الكيميائية للمعادن Chemical prosperities of Minerals ، الفصل الرابع: الخواص الفيزيائية للمعادن Physical Prosperities of Minerals، الفصل الخامس: الخواص الكيميائية البلورية للمعادن Crystal Chemistry of Minirals ، الفصل السادس: تصنيف المعادن Classification of minerals ، الفصل السابع: نشأة المعادن وتكونها في الطبيعة سواء أكان ذلك في الرواسب المعدنية المعروفة باسم الخامات أم في أنواع الصخور المختلفة Origin of Minerals ، الفصل الثامن: وجود المعادن في الطبيعة Occurrence of Minerals، الفصل التاسع: وصف بعض المعادن الشائعة ، الفصل العاشر: أ- المعادن في الصناعة ، ب- المعادن في جسم الإنسان . ج- الفيتامينات والمعادن ومصادرها .

علم المعادن:Mineralogy

هو العلم الذي يدرس الوحدات المتجانسة التركيب الكيميائي وذات البناء الذري المميز والتي تتكون بعمليات طبيعية غير عضوية، وهناك فرع يمكن دمجه في علم المعادن وهو (علم البللورات) ويختص بدراسة البناء البللوري للمعادن من حيث الشكل الخارجي والتركيب الذري الداخلي . يتناول علم المعادن science of metals ضمن إطار "علم التعدين الفيزيائي" البنيةَ البلوريةَ للمعادن، والطرائق المختلفة لدراسة بنية المعادن والسبائك (الخلائط) "الميتالوغرافيا" metallography، والصفات الفيزيائية والميكانيكية للمعادن والسبائك المعدنية، ومخططات الأطوار للسبائك المعدنية، والمعالجة الحرارية للمعادن، والمعالجة الميكانيكية للمعادن، وتآكل المعادن في الأوساط الجافة والمائية وطرق الوقاية منها. وهكذا فإن علم التعدين الفيزيائي physical metallurgy يعنى بدراسة بنية المعادن والسبائك المعدنية، تكوينها وصفاتها، والتأثير المتبادل فيما بينها الذي يعدّ الأساس الذي تقوم عليه المعالجة الحرارية للمعادن والسبائك المعدنية ودراسة تحولاتها الطورية. يشمل علم المعادن أيضاً استخلاص المعادن من خاماتها في الأفران التعدينية باستخدام مختلف طرائق الإرجاع وطرائق التعدين المائي hydrometallurgy والكهربائي electrometallurgy، إضافة إلى عمليات التنقية المختلفة للمعادن، ضمن إطار "علم التعدين الكيمياوي".

إن العرب في الحقيقة هم أول من درسوا المعادن دراسة علمية ، قدموا في مؤلفاتهم الأسس العلمية الأولية لعلم المعادن. لقد وصفوا المعادن بالنسبة لخواصها البلورية وخواصها الطبيعية (اللون ، الشفافية ، المخدش

أو المحك) والوزن النوعي (الثقل النوعي) والاختبارات الكيميائية ونشأة المعادن وأسمائها. وكذلك يتخصص علم المعادن أساسا في دراسة المعادن ، ولكن نظرا لأن هذه المعادن توجد في هيئة بلورات ، فإنه يكون لزاما عليه – لكي يتفهم طبيعة هذه البلورات – أن يقوم بدراسة الذرات والأيونات وكذلك الالكترونات ويحيط بها علما.

يمكننا أن ننظر إلى المعادن – بصفة عامة – على أنها المواد التي تتكون منها صخور القشرة الأرضية ، وعلى هذا الأساس تعتبر المعادن أهم صلة طبيعية متيسرة بين أيدينا لمعرفة تاريخ الأرض ، أو بعبارة أخرى إنها السجل الذي سجلت فيه الحوادث المختلفة لتكون تاريخ الأرض. ويعتبر الجيولوجي المعادن التي يجدها في الصخور والعروق منتجات نهائية لعمليات طبيعية كثيرة ومتشعبة ، ووظيفته الأولى هي الكشف وإزاحة الستار عن غوامض هذه العمليات. وأول ما يقوم به جيولوجي المعادن في هذه الوظيفة هو دراسة خواص أنواع المعادن (بلورية ، فيزيائية ، كيميائية) ونشأتها ، وعلاقتها الزمانية والتسلسل الزمني لتكونها أو ما نسميه بالنشأة التتابعية. إن معظم أنواع الصخور تتكون من مخاليط معادن عدة ، ولكن قلة من الصخور ، مثل الحجر الجيري تتكون أساسا من معدن واحد. والغالبية العظمى من المعادن توجد في الطبيعة مكونة الصخور المختلفة ، أما الباقي فيوجد في الطبيعة مكونا العروق ومالئا الفجوات ، ومعظم معادن هذا النوع الأخير من الظهور والتواجد في الطبيعة ذو فائدة اقتصادية ، وتعرف هذه المعادن باسم الخامات Ores ، ومنها استخرج الفلزات المختلفة التي تستفيد الحضارة البشرية منها. وبما أن هدف جيولوجي المعادن هو الوصول إلى الحقائق الفيزيائية والكيميائية والتاريخية للقشرة الأرضية ، لذلك كان لفظ "معدن" ، والدراسات المعدنية محصورا في المواد التي توجد وتتكون في الطبيعة. فمثلا الصلب والأسمنت والزجاج مواد ناتجة من وحدات معدنية توجد في الطبيعة ، إلا أنه لا تعتبر معادن لأن الإنسان قام بتجهيزها ، وكذلك الحال بالنسبة لجوهرة صناعية مثل الياقوت ، فلو أنها تشابه تماما جوهرة الياقوت الطبيعية كيميائيا وفيزيائيا إلا أنه تعتبر معدنا.

ولا يدخل في اختصاص جيولوجي المعادن تلك المواد الناتجة من النشاط الحيواني والنباتي مثل الفحم وزيت البترول والكهرمان الخ ، ولو أن هذه المواد توجد طبيعيا في القشرة الأرضية. فاللؤلؤ والصدفة ولو أنهما يشبهان تماما معدني الإراجونيت Aragonite ، الكالسيت Calcite ، إلا أنهما لا ينتظمان تحت صنف المعادن. هذا بالنسبة لجيولوجي المعادن. ولكن الجيولوجي الاقتصادي لا يتقيد بهذا التحديد فعندما يتكلم عن الثروات المعدنية لبلد ما فإنه يشمل البترول والفحم وكلاهما منتجات عضوية. ولعلم المعادن صلة وثيقة بعلوم الجيولوجيا والفيزيائي والكيميائي ، فجيولوجي المعادن يرسم الخرائط الجيولوجية في الحقل ويبين عليها الرواسب المعدنية والظواهر البنائية للقشرة الأرضية ، ويجمع العينات من هنا وهناك. ثم يحللها في مختبره ، ويجري عليها الطرق المختلفة التي يستعملها الكيميائي والفيزيائي.

<u>قال تعالى:</u>

{لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللهُ مَن يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ} (الحديد: 25) .

الفصل الأول

تعريف عام : علم المعادن

يختص علم المعادن Mineralogy بدراسة تلك المواد المتجانسة التي توجد في الطبيعة وتتكون بواسطتها مثل الألماس والذهب والتي نعرفها باسم المعادن. لقد استرعت المعادن انتباه الإنسان منذ قديم الزمان ، حيث ساهمت في بناءحضارته المتطورة بصورة أو بأخرى. إننا نجد في آثار قدماء المصريين (منذ ٥٠٠٠ سنة) مايدلنا على أنهم فتحوا مناجم الذهب حيث استخلصوا هذا المعدن النفيس من العروق الحاملة له. ويوجد في الصحراء الشرقية بجمهورية مصر العربية أكثر من ٤٠ منجما فتحها القدماء واستخرجوا منها الذهب الذي صنعوا منه التماثيل والحلي. وكذلك استعملوا مغرة الحديد الحمراء (معدن الهيماتيت) في طلاء مقابرهم ، كما استخلصوا النحاس من معادن النحاس الخضراء والزرقاء التي استرعت إنتباههم في شبه جزيرة سيناء (حيث يوجد بقايا أول فرن في العام لصهر خامات النحاس) ، ومن النحاس صنعوا الأدوات المختلفة. ولم يقف القدماء عند هذا الحد ، بل ساحوا في الصحراء بحثا وراء الأحجار الكريمة ، وهي معادن نادرة جذابة (منها الأخضر مثل الزمرد والملاكيت والفيروز والابيرز) واستعملوها في صناعة عقودهم وزينتهم ، ومنذ ذلك التاريخ والمعادن تسهم بنصيب كبير في نمو الحضارة ، حتى أن كل عصر كان يعرف باسم المعدن الشائع فيه ، فكان عصر الحديد وعصر النحاس ، حتى عصرنا الحاضر. عصر الذرة ، حيث يستخلص الإنسان عنصر اليورانيوم من معادن اليورانيوم المختلفة ليستعمله في إنتاج الطاقة الذرية . وبالرغم من إعتماد الإنسان منذ القدم إعتمادا كليا على المعادن في صناعة أسلحته ، ووسائل راحته ، وزينته ، وعموما في ضرورياته ، فإنه من المدهش حقا أن نجد عددا كبيرا من الناس لديهم فقط فكرة غير واضحة عن طبيعة المعادن ، وأن هناك علما متخصصا في دراستها ومتعمقا في أبحاثها.

ولعلم المعادن صلة وثيقة بعلوم الجيولوجيا والفيزيائي والكيميائي ، فجيولوجي المعادن يرسم الخرائط الجيولوجية في الحقل ويبين عليها الرواسب المعدنية والظواهر البنائية للقشرة الأرضية ، ويجمع العينات من هنا وهناك. ثم يحللها في مختبره ، ويجري عليها الطرق المختلفة التي يستعملها الكيميائي والفيزيائي.

علم المعادن عند العرب:

يعتبر ابن سينا (هو أبو علي الحسين بن عبد الله بن سينا المتوفي عام ٤٢٨ هجرية / ١٠٤٩ ميلادية) وهو المؤسس الرئيسي لعلم الأرض (الجيولوجيا) أول من درس المعادن دراسة علمية فقد قسمها إلى أقسام أربعة

هي: الأحجار والذئبات والكباريت (أو الكبريتيدات) والأملاح (أو المتبخرات). ويأتي بعده العالم العبقري العربي اليروني (هو أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني المتوفى بغزنة بالهند عام ٤٤٠ هجرية –١٠٦١ ميلادية) ويعتبر كتابه "الجماهر في معرفة الجواهر ، أورع ما كتبه العرب في علم المعادن ، فبالإضافة إلى العدد الكبير من المعادن والاحجار الكريمة والفلزات التي وصفها العالم الفذ ، فإن البيروني فرق بين المعادن والفلزات. ويأتي بعد البيروني العالم التفاشي (هو شهاب الدين أبو العباسي أحمد بن يوسف التيفاشي القيسي المتوفى بالقاهرة عام ٦٥١ هجرية١٢٧١ ميلادية) الذي نهج منهجا علميا في وصف المعادن والأحجار الكريمة في كتابه "أزهار الأفكار في جواهر الأ؛جار" فوصف كل معدن وحجر كريم بالنسبة لجيده ورديئه ، خواصه ومنافعه ، قيمته وثمنه ، ثم تكون الحجر من المعادن. ويأتي بعده ابن الأكفاني (هو محمد بن ابراهيم بن ساعد السنجاري المعروف بابن الأكفاني المتوفى بالقاهرة عام ٧٤٦٩ هجرية/١٣٦٩ ميلادية) الذي ألف كتاب "تخب الذخائر في أحوال الجواهر" وقدم فيه وصفا لاربعة عشر حجرا من الأحجار الكريمة والمعادن. إن العرب في الحقيقة هم أول من درسوا المعادن دراسة علمية ، قدموا في مؤلفاتهم الأسس العلمية الأولية لعلم المعادن. لقد وصفوا المعادن بالنسبة لخواصها البلورية وخواصها الطبيعية (اللون ، الشفافية ، المخدش أو المحك) والوزن النوعي (الثقل النوعي) والاختبارات الكيميائية ونشأة المعادن وأسمائها.

علاقة علم المعادن بالعلوم الطبيعية الأخرى:

عموما يمكننا أن نرتب العلوم التي في الموضوعات الطبيعية غير العضوية – على أساس أصغر وحدة تختص الدراسات فيها اختصاصا مباشرة – ترتيبا متسلسلا. فأصغر الوحدات في علم الفيزياء هي الاليكترون والنيوترون وغيرهما. أما بالنسبة للكيميائي فأصغر وحدة يهتم بها مباشرة هي الذرة ، وهو يهتم بالاليكترونات فقط عندما تؤثر على الذرات. وبطريقة مشابهة يهتم علم المعادن بصفة أساسية بالوحدة البنائية (خلية الوحدة) وهي تمثل أصغر مجموعة من الذرات (أو الأيونات) التي تبين البناء الكامل لبلورة المعدن ، وهو يخص الذرات باهتمامه فقط عندما يؤدي ترتيبها في صور متباينة إلى تكوين أنواع مختلفة من البلورات والمعادن. ويعتبر الصخر (الذي يتكون من جمع من المعادن) أصغر وحدة يهتم بها الجيولوجي إهتماما مباشرا. وعندما يهتم بالمعادن فإن ذلك ينصب على مدى ما نسبته المعادن من تغيير في طبيعة الصخر. أما بالنسبة للفلكي فإن أصغر وحدة في دراساته هي النجم أو الكوكب ، مثل كوكب الأرض ، التي هي عبارة عن خليط من صخور عدة. وفي هذا الترتيب المتسلسل نجد أن علم المعادن يحتل المكان الأوسط ، فوحدة الفلكي أكبر بمراحل من وحدة عالم المعادن ، تماما كما تكبر هذه الوحدة الأخيرة إذا قورنت بوحدة الفيزيائي. ولكنها حقيقة أساسية أيضا أن مجالات التخصص في العلوم المختلفة لا تفصلها حدود رأسية ، إنما تتخط بعضها بعضا ، تخطيا يزداد كلما نمت العلوم وازدادت المعرفة.وعلى سبيل المثال ، بدأ علم الفلك بدراسة المجموم والكواكب ، ولكنه الآن يضم الأبحاث الطيفية للتعرف على العناصر الموجودة في الشمس وغيرها من النجوم. وكذلك يتخصص عالم المعادن أساسا في دراسة المعادن ، ولكن نظرا لأن هذه المعادن توجد في هيئة بلورات ، فإنه يكون لزاما عليه – لكي يتفهم طبيعة هذه البلورات – أن يقوم بدراسة الذرات والأيونات وكذلك الالكترونات ويحيط بها علما.

التركيب الكيميائي للقشرة الأرضية:

قام الجيولوجيون بجمع عينات كثيرة لأنواع مختلفة من الصخور ومن مناطق متعددة على سطح الأرض ، ثم قاموا بعد ذلك بتحليلها بغية الوصول إلى معرفة تركيبها الكيميائي ، ومن هذه التحاليل توصلوا إلى معرفة متوسط التركيب الكيميائي للجزء الخارجي من الغلاف اليابس للكرة الأرضية .

يتضح لنا حقيقتان هامتان:

أسم العنصر	الرمز	النسبة المئوية
الأكسجين	O_2	٤٦,٧١٪
السليكون	Si	٢٧,٦٩٪
الألومنيوم	Al	٨,٠٧٪
الحديد	Fe	٥,٠٥٪
الكالسيوم	Ca	٣,٦٥٪
الصوديوم	Na	٢,٧٥٪
البوتاسيوم	K	٢,٥٨٪
المغنسيوم	Mg	٢,٠٨٪
المجموع		٩٨,٥٨٪

أولا: أن ثمانية عناصر فقط من بين الاثنين وتسعين عنصرا الموجودة في الطبيعة تكون حوالي ٩٩ في المائة بالوزن من تركيب القشرة الأرضي ، وأن بقية العناصر – ومن بينها الذهب والفضة والنحاس والرصاص والزنك – تكون فقط واحد في المائة بالوزن من تركيب القشرة الأرضية.

ثانيا: إن الأكسجين هو أكثر العناصر الثمانية انتشارا على الاطلاق ، ولكن هذا لا يعني أن الأكسجين حر طليق في القشرة ال{أضية ، ولكنه في الواقع مرتبط ارتباط كيميائيا في الصخور المختلفة ، وكذلك الحالة بالنسبة للعناصر السبعة الأخرى ، فهي لا توجد بحالتها العنصرية في هذه الصخور ، ولكنها جميعا توجد متحدة ومرتبطة بطريقة أو بأخرى لتكون ما يعرف باسم المركبات الكيميائية.

ونحن نعرف من دراستنا الكيميائية أن العناصر سالفة الذكر باستثناء الأكسجين والسليكون هي عبارة عن فلزات ، أما السليكون فله ميل نحو الفلزات ، ولكن خواصه تدلنا على أنه يقع بين الفلزات واللافلزات.

وتتحد هذه العناصر السبعة مع الأكسجين لتولد الأكاسيد. ويمكن اعتبار الأكسيد وحدة كيميائية أساسية كما يتضح من ذكر التركيب الكيميائي للقشرة الأرضية في صورة أكاسيد. والمعروف أن أكاسيد الفلزات تعطي قواعد بينما تعطي أكاسيد اللافلزات أحماضا. ويتفاعل أكسيد السليكون في هذه الأحوال – خصوصا عندما توجد الأكاسيد الفلزية – كحامض ، وتكون النتيجة أن يتحد أكسيد السليكون اتحادا كيميائيا بالأكاسيد الفلزية (قواعد) ليكون السليكون. فمثلا اذا اتحد أكسيد المغنسيوم كيميائيا مع أكسيد السليكون ، فإنه ينتج عن ذلك مركب كيميائي يعرف باسم سليكات الماغنسيون.

M2O + MIO2 = MGSIO2 وهذا المركب الناتج هو أحد المركبات التي تتكون بواسطة الطبيعة في جوف الأرض وفي ظروف من الضغط والحرارة مختلفة تماما عما يحدث على سطح الأرض.

وفي العادة يتحد أكثر من أكسيد فلزي مع أكسيد السليكون لتكوين سليكات ثنائية أو ثلاثية أو أكثر تعقيدا عن ذلك مثل سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم.

K2O + AL2O2 + 6 S IO2 = 2 KALSI2O2

هذه السليكات وغيرها من المركبات الكيميائية التي توجد في الطبيعة وتكونت بفعل الطبيعة هي ما نسميها بالمعادن ، وهي التي تدخل في تركيب الصخور المختلفة التي تكون القشرة الأرضية والغلاف اليابس فالمركب الكيميائي الأول (سليكات الماغنسيوم) الذي يوجد في الطبيعة يعرف باسم معدن إنتاتيت **Entatitine** ، أما المركب الثاني فيعرف باسم أرثوكليز **Orthoclase**. وهناك بعض العناصر تكون معادن بمفردها ، مثل الذهب والنحاس والكبريت والكربون. إن هذه المعادن توجد في الطبيعة مكونة من عنصر واحد فقط ، بدلا من أن تكون مركبا كيميائيا ، ولذلك فإنها تعرف باسم المعادن العنصرية **Native Minirale** ومن أمثلتها معادن الذهب والنحاس والكبريت والألماس والجرافيت . وعلى ذلك نجد أن الخاصية الأساسية للمعادن أنها تنتج وتتكون بواسطة الطبيعة ، أي أنها منتجات طبيعية وليست صناعية.

ويتميز كل من هذه المعادن سواء أكان مركبا أم عناصر بأن ذراته المكونة له توجد مرتبة في نظام هندسي ، أو بمعنى آخر يتميز المعدن بكونه متبلورا ، أي يوجد في هيئة بلورات.

وفي كثير من الأحيان لا يوجد المعدن بمفرده في الطبيعة ، ولكنه يوجد مختلفطا مع معدن آخر أو أكثر ، وينتج عن ذلك مخلوط من عدة معادن . مثل هذا المخلوط الطبيعي من معادن مختلفة هو ما يعرف باسم صخر.

طبيعة المعادن:

يمكننا أن ننظر إلى المعادن – بصفة عامة – على أنها المواد التي تتكون منها صخور القشرة الأرضية ، وعلى هذا الأساس تعتبر المعادن أهم صلة طبيعية متيسرة بين أيدينا لمعرفة تاريخ الأرض ، أو بعبارة أخرى إنها السجل الذي سجلت فيه الحوادث المختلفة لتكون تاريخ الأرض. ويعتبر الجيولوجي المعادن التي يجدها في الصخور والعروق منتجات نهائية لعمليات طبيعية كثيرة ومتشعبة ، ووظيفته الأولى هي الكشف وإزاحة الستار عن غوامض هذه العمليات. وأول ما يقوم به جيولوجي المعادن في هذه الوظيفة هو دراسة خواص أنواع المعادن (بلورية ، فيزيائية ، كيميائية) ونشأتها ، وعلاقتها الزمانية والتسلسل الزمني لتكونها أو ما نسميه بالنشأة التتابعية. إن معظم أنواع الصخور تتكون من مخاليط معادن عدة ، ولكن قلة من الصخور ، مثل الحجر الجيري تتكون أساسا من معدن واحد. والغالبية العظمى من المعادن توجد في الطبيعة مكونة الصخور المختلفة ، أما الباقي فيوجد في الطبيعة مكونا العروق ومالئا الفجوات ، ومعظم معادن هذا النوع الأخير من الظهور والتواجد في الطبيعة ذو فائدة اقتصادية ، وتعرف هذه المعادن باسم الخامات **Ores** ، ومنها استخرج الفلزات المختلفة التي تستفيد الحضارة البشرية منها.

ولا يدخل في اختصاص جيولوجي المعادن تلك المواد الناتجة من النشاط الحيواني والنباتي مثل الفحم وزيت البترول والكهرمان الخ ، ولو أن هذه المواد توجد طبيعيا في القشرة الأرضية. فاللؤلؤ والصدفة ولو أنهما يشبهان تماما معدني الإراجونيت Aragonite ، الكالسيت Calcite ، إلا أنهما لا ينتظمان تحت صنف المعادن. هذا بالنسبة لجيولوجي المعادن. ولكن الجيولوجي الاقتصادي لا يتقيد بهذا التحديد فعندما يتكلم عن الثروات المعدنية لبلد ما فإنه يشمل البترول والفحم وكلاهما منتجات عضوية.

وربما كان أهم تحديد وضعه جيولوجي المعادن عن تعريفه للمعدن هو أن المعدن لابد أن يكون عنصرا أو مركبا كيميائيا ، أي لابد أن نكون قادرين على التعبير عن التركيب الكيميائي للمعدن بواسطة قانون كيميائي. وعلى هذا الأساس يستثنى من المعادن جميع المخاليط الطبيعية (الميكانيكية) مهما كانت متجانسة ومنظمة. ولقد نتج هذا التحديد من الصورة التي يعرفها جيولجي المعادن عن المواد المتبلورة ألا وهي ذلك الهيكل أو البناء من الذرات والأيونات ومجموعاتها اذي يمتد بصورة منظمة هندسية في كل أنحاء المادة الصلبة المتبلورة. مثل هذه المادة الصلبة المتبلورة لابد أن تخضع لقوانين النسب الثانية والمضاعفة ، وكذلك يجب أن تكون المادة في كليتها متعادلة كهربيا. فإذا أحللنا ذرة محل أخرى في هذه المادة الصلبة المتبلورة – وكثيرا ما يحدث هذا في الطبيعة – فإن هذا لا يؤثر أو ينقص من التعريف بل ينطبق على مثل هذه المادة ، طالما أن البناء الذري (الهيكل الذري) لم يتعير وطالما أن الحالة الكهربية متعادلة ، ولهذا السبب فإننا نجد المعادن في بعض الأحيان ذات تركيب كيميائي متغير – ولكن في نطاق محدود – وذلك بسبب إحلال ذرة عنصر محل ذرة عنصر آخر في بناء المعدن.

ومن ناحية أخرى نجد أن مادة مثل إمري Emery ، توجد في الطبيعة ولها تركيب كيميائي غير عضوي ثابت تقريبا لا ينطبق عليها التعريف أعلاه ، وبالتالي لا تعتبر معدنا ، لماذا ؟ لأنه يمكن فصل هذه المادة إلى مركبين كيميائيين مختلفين تمام الاختلاف عن بعضهما البعض في خواصهما الفيزيائية والكيميائية هما كوراندوم Corundum Al_2O_3 ، وماجنتيت Magnetite Fe_3O_4.

وعلى ذلك نجد أن التركيب الكيميائي للمعدن المكون من عدة عناصر يمكن التعبير عنه بقانون تتحدد فيه العناصر بنسب ثابتة. فمثلا في المعدن الشائع العروف باسم كوارتز Quartz نجد أن النسبة هي ١ ذرة سليكون إلى ٢ ذرة أكسجين ، وينتج عنها القانون SiO_2. وكذلك الحالة بالنسبة لمعدن خام الحديد المعروف باسم هيماتيت Hematite نجد القانون Fe_2O_3 ، يدل على أن النسبة هي ٢ ذرة حديد إلى ٣ ذرة أكسجين. وهذه النسب ثابتة لا تتغير مهما تغير المكان الذي نجد في الكوارتز أو الهيماتيت. أما المعدن المكون للصخور والمعروف باسم أوليفين Olivine ، فنجد أن قانونه كما تدل عليه التحاليل الكيميائية هو ($Mg_2Fe_2SiO_4$) . مثل هذا القانون يدل على أن المغنسيوم والحديد يوجدان في جميع معادن الأوليفين بنسب تختلف من مكان لآخر ، ولكن النسبة بين مجموع ذرات المغنسيوم والحديد إلى عدد ذرات السليكون والأكسجين ثابتة. وهذا يعني بالنسبة لجيولوجي المعادن أن ذرات المغنسيوم والحديد حرة في إحلالها محل

بعضها البعض في أماكنها المتشابهة في البناء الذري المميز لمعدن الأوليفين. ومثل هذا الاختلاف في التركيب الكيميائي ، نتيجة لإحلال ذرة عنصر آخر ، لا يتعارض مع قانون النسب الثابتة في المركبات الكيميائية.

وعندما يتكون المعدن وينمو فإن نسب الذرات المكونة له تظل محفوظة ، وينتج عن ذلك ترتيب الذرات ترتيبا هندسيا منتظما في الأبعاد الثلاثة. ويمكننا في الوقت الحاضر التعرف على هذا النظام الذري الداخلي بواسطة طرف فنية أستعمل فيها الأشعة السينية والميكروسكوب. ولكن قبل استعمال هذه الطرق كانت دراسة الأسطح الخارجية للمعدن هي التي تعطينا فكرة عن الترتيب الذري الداخلي ، وعندما يكون المعدن حرا في نموه كما يحدث في فجوة واسعة مثلا ، فإن الذظام الذري الداخلي يعكس نفسه في الخارج عن طريق السطوح التي تحد المعدن من الخارج وينتج عن ذلك تكوين بلورة المعدن. نعرف المعدن بأنه كل مادة صلبة متجانسة غير عضوية تكونت بفعل عوامل طبيعية ، ويتميز بأن له بناء ذريا منظما وتركيبا كيميائيا مميزا. وقد رأينا في الفصل الثاني كيف يظهر البناء الذري المنظم في هيئة بلورة تحدها أوجه بلورية مرتبة حسب عناصر تماثلية مميزة ، وتميل على بعضها البعض بزوايا ثابتة. وأن كل معدن يمكن التعرف عليه وتمييزه عن معدن آخر إذا وجد في هيئة بلورة كاملة الأوجه ، أو حتى في وجود بعض الاوجه. ولكن نظرا لأن المعادن توجد في الطبيعة – في معظم الحالات – في هيئة مجموعات بلورية متجانسة أو غير متجانسة ، وكذلك في هيئة مجموعات معدنية متبلورة ، مثل التوائم ، والبلورات النطاقية ، والمجموعات غير المنتظمة والمجموعات الحبيبية والشجرية والعنقودية .. الخ ، وفي هذه الأخيرة لا توجد أوجه بلورية على مادة المعدن مما يجعل التعرف على المعدن – إعتمادا على خواص أوجهه البلورية وتوزيعها – مستحيلا ، لذلك فإننا نلجأ إلى طريقة أخرى للتعرف على المعدن وتمييزه عن غيره. هذه الطريقة هي الإستعانة بخواص المعدن الفيزيائية وهي خوصا سهلة التعيين. ولما كانت هذه الخواص تتوقف على كل من البناء الذري التركيب الكيميائية فإنها في مجموعها مميزة لكل معدن. والخواص الفيزيائية التالية لا يمكن حصرها في ستة أقسام يمكن تعيينها في العينات اليديوية دون الحاجة إلى الإستعانة بأجهزة خاصة معقدة غالية الثمن.

يمكن تعريف المعدن (Mineral) بأنه عبارة عن مادة صلبة وغير عضوية توجد في الأرض بصورة طبيعية ، ذات تركيب كيميائي مميز أو متغير في نطاق محدود وله تركيب بلوري داخلي ثابت ويظهر أحياناً على شكل بلورات ويوجد على شكل متبلور في أغلب الأحيان. ويلاحظ من التعريف السابق أن المعدن هو مادة توجد في الطبيعة وليس للإنسان أو الحيوان أو النبات دخل في تكوينها. كما نلاحظ أن التركيب الكيميائي ليس كافياً لتحديد المعدن حيث أنه لا بد أن نعرف التركيب البلوري الذي يتحكم في كثير من الصفات الطبيعية للمعدن مثل الصلابة والمخدش والوزن النوعي واللون. وتوجد المادة الكيميائية على صورة معدن أو أكثر يختلف كل منهما تمام الإختلاف عن الآخر فمثلاً يوجد الكربون في الطبيعة على صورة معدن الألماس وهو أصلب المعادن المعروفة كما يوجد على صورة معدن الجرافيت وهو من أقل المعادن صلابة. وقد تمكن العلماء حتى الآن من وصف أكثر من ألفين معدن مختلف إلا أن جميع المعادن الشائعة التي تدخل في تركيب الصخور وكذلك المعادن الاقتصادية لا تتجاوز مئتي معدن فقط.

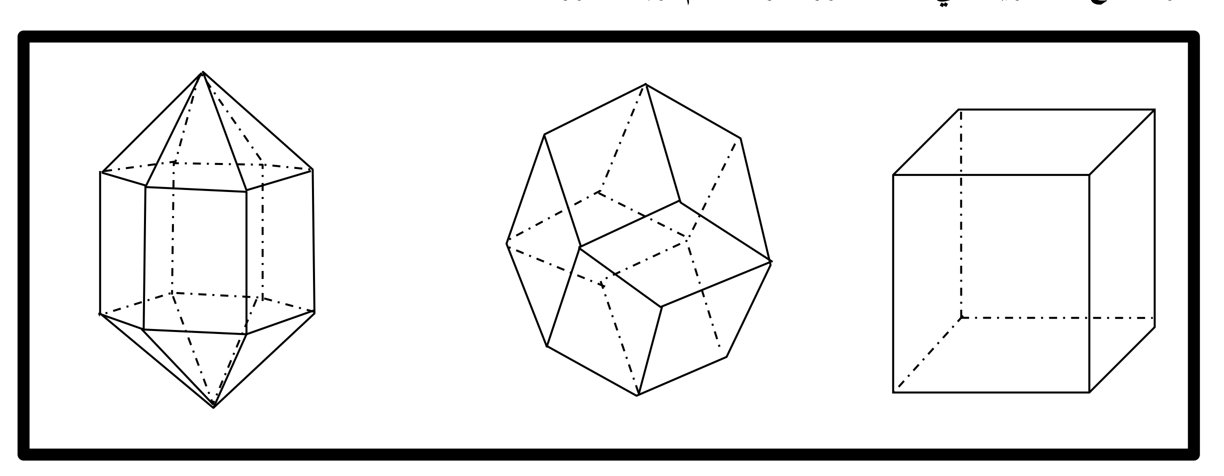
الفصل الثاني

البلورات والخواص البلورية للمعادن

Crystallographic prosperities of Materials

تعريف:

علم البلورات هو ذلك العلم الذي يختص بدراسة البلورات والمواد المتبلورة. والمعروف أن المواد المتبلورة توجد في الطبيعة إما في حالة حبيبات منفردة أو مجموعات. ويمكن تعريف البلورة بأنها عبارة عن جسم صلب متجانس يحده أسطح مستوية تكونت بفعل عوامل طبيعية تحت ظروف مناسبة من الضغط والحرارة. والأسطح المستوية التي تحدد البلورة تعرف باسم أوجه البلورات.



والأوجه البلورية في الحقيقة هي تعبير وإظهار للترتيب الذري الداخلي للمادة المتبلورة. والعملية التي تنتج لنا بلورات تعرف باسم عملية التبلور ، وهي عملية تحدث أمام أعيننا إذا تبخر ماء البحر أو المحاليل المشبعة ، أو برد مصهور ببطء أو تكثف غاز إلى الحالة الصلبة مباشرة. وفي البلاد الباردة يتجمد ماء المطر بسبب انخفاض درجة الحرارة وتتكون بلورات الثلج سداسية الشكل.

فإذا فحصنا أي بلورة منفردة من هذه البلورات الناتج نجد أن التي نمت بحرية دون عائق يحد من حريتها في النمو ، لها أسطح مستوية أو أوجه ، تكونت طبيعيا أثناء نمو البلورة. أم الأسطح التي نراها مصقولة على قطعة من الزجاج ، ومرتبة في شكل هندسي جميل ، وتباع كجواهر مقلدة ، فإنها لا نسمي أوجهها بلورية كما أن الزجاج نفسه لا يسمى بلورة ، فبالإضافة إلى أن هذه الأسطح المستوية صناعية التكوين ، فإن المادة نفسها وهي الزجاج ينقصها النباء الذري الداخلي المرتب.

ويستخدم علم البلورات الآن باستمرار وباطراد مستمر في حل كثير من المشاكل الكيميائية والفيزيائية وفي دراسات وأبحاث التعدين والمواد الحرارية والادوية والدراسات البيولوجية (الحيوية).

ويمكن تقسيم البلورات حسب إستكمال الأوجه البلورية إلى ثلاثة أقسام:

١- بلورات كاملة الأوجه : حينما تكون جميع الأوجه البلورية موجودة.

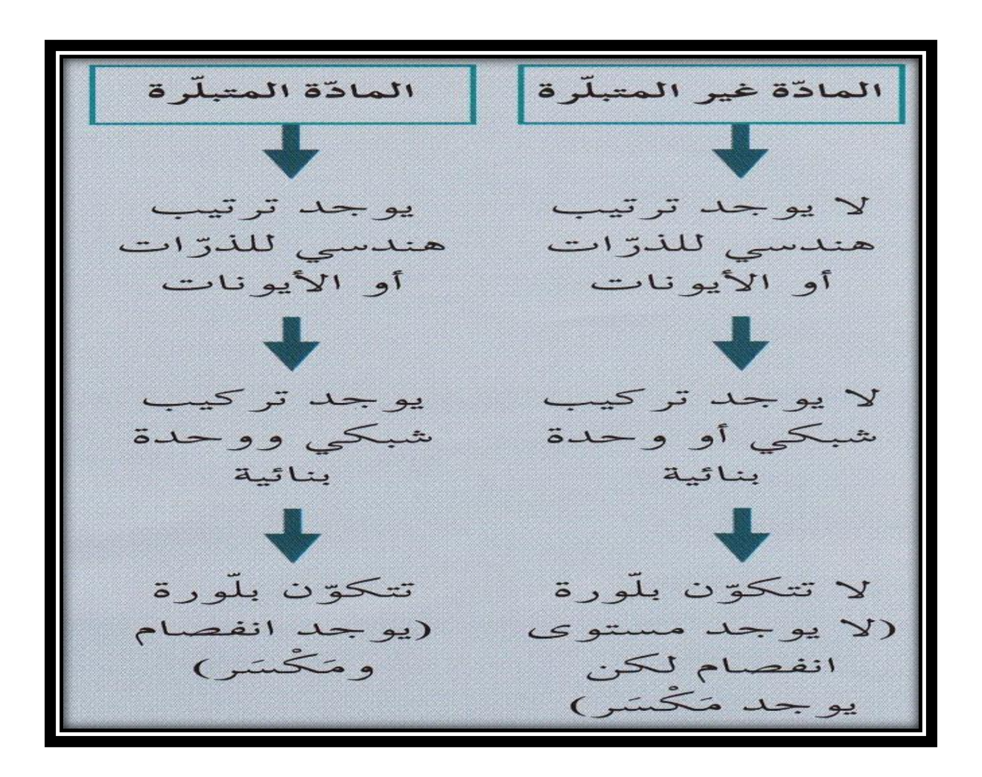
٢- ناقصة الأوجه : حينما يكون جزء من الأوجه متكون فقط والباقي غير موجود.

٣- عديمة الأوجه : وفي هذه الحالة يكون المادة المتبلورة عبارة عن حبيبات لا يحدها أوجه بلورية ، وغالبا ما توجد هذه الحبيبات في هيئة مجموعات .

وتشترك هذه الأنواع الثلاثة (كاملة الأوجه – ناقصة الأوجه – عديمة الأوجه) ، في أن لها بناءا ذريا داخليا منتظما. أو بمعنى آخر أن المواد المكونة لها سواء أكانت ذرات أم أيونات .. توجد مرتبة في نظام هندسي. وعلى هذا الأساس يتبين لنا أنه ليس من الضروري بتاتا ان نجد الأوجه البلورية تحدأ المادة المتبلورة ، إذ أن تكون هذه الأوجه رهن بالظروف المحيطة بالمادة المتبلورة أثناء عملية التبلور. وعلى ذلك فإننا نعرف كل مادة صلبة ذات بناء ذري داخل يمنظم باسم مادة متبلورة ، فإذا كانت هذه المادة المتبلورة ذات أوجه طبيعية مرتبة في نظام هندسي ، ويمكن رؤية هذه الأوجه بواسطة العين المجدرة ، أو عدسة مكبرة ، سميت باسم بلورة.

أما إذا كانت المادة ينقسها النباء الذري الداخلي المنتظم فتوصف بأنها مادة غير متبلورة ، وتكون المعادن غير المتبلورة في المملكة المعدنية قلة (وتعتبر استثناء وليست قاعدة إذا التزمنا بالتعريف الحرفي للمعدن الذي يتضمن أن المعدة مادة متبلورة) ، ومن أمثل المعادن غير المتبلورة الأوبال Opal ($SiO_2 . nH_2O$) ، والكريزوكولا Chrysocolla (سليكات النحاس المائية). ولما كان البناء الذري في مثل هذه المواد غير ة غير منتظم فإننا نجد أن تركيبها الكيميائي غير ثابت. وبالتالي لا يعبر عنه بقانون كيميائي. فمثلا تتراوح نسبة الماء في معدن الأوبال ما بين ٦ ، ٩ بالمائة وقد تصل إلى ٢٠ بالمائة من وزن المعدن. أما في معدن الكريزوكولا ، فإن تركيبه الكيميائي متغير في مدى كبير حيث نجد أن كميات النحاس والماء متغيرة وليست ثابتة.

ومن هذا يتضح لنا أن الفرق بين المادة المتبلورة وغير المتبلوة يكون في البناء الداخلي وفإذا كانت الذرات مرتبة في نظام معين فالمادة متبلورة ، أما إذا لم تكن كذلك ، أي أن الذرات غير مرتبة ، فالمادة اذن غير متبلورة. وعندما لا توجد أوجه بلورية ، فإنه لا يمكن التفرقة بين المادة المتبلورة وغير المتبلورة إلا بواسطة استعمال الميكروسكوب المستقطب وفي بعض الأحياء الأشعة السينية. ولكن إذا كانت الأوجه البلورية موجودة ، كلها أو بعضها ، فإن دراستها تساعدنا كثيرا في التعرف على المعدن ، لأن الأوجه البلورية ، ما هي إلا تعبير عن البناء الذري الداخلي المميز للمعدن. و"موروفوروجيا البلورات" هو ذلك الفرع من علم البلورات الذي يختص بدراسة الخواص الخارجية للبلورات.



البناء الداخلي للبلورات:

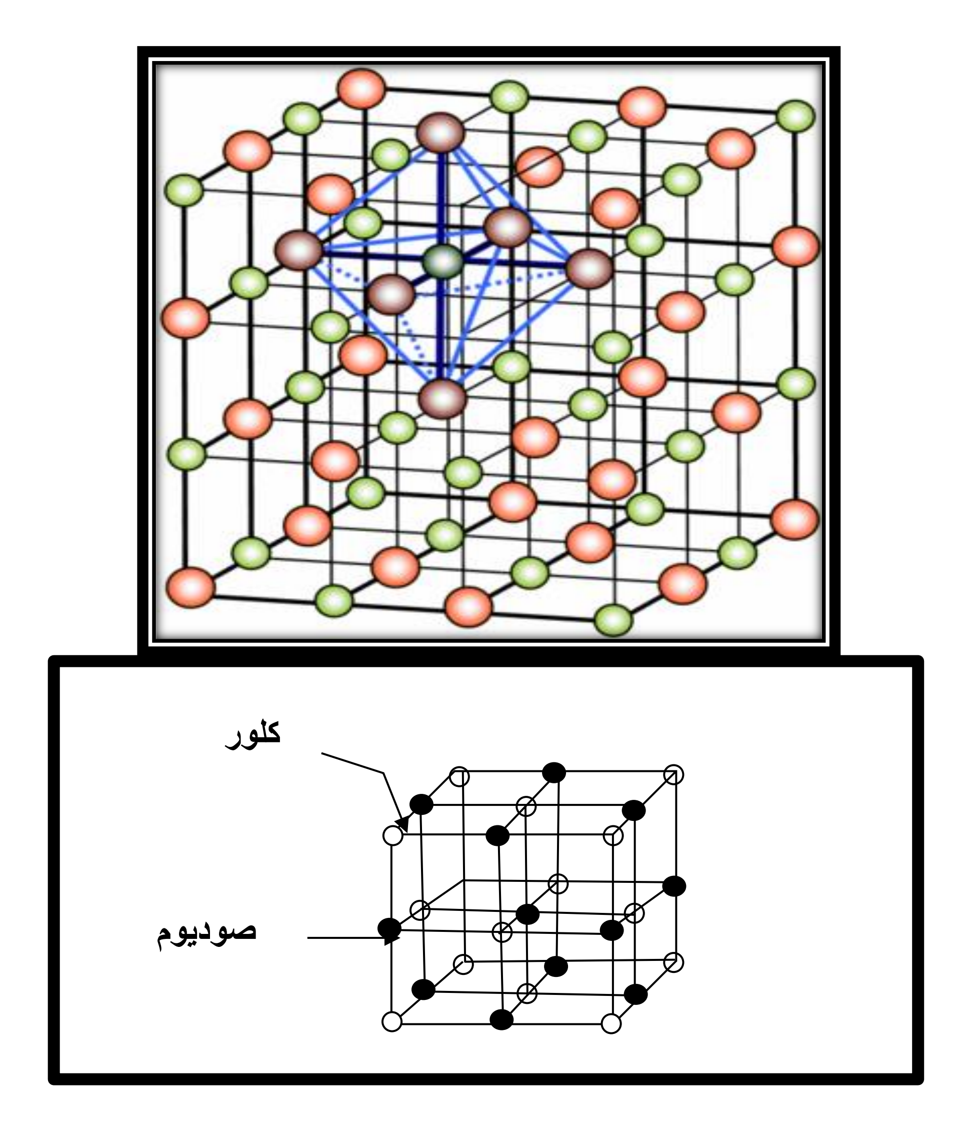
تتميز المواد المتبلورة بحقيقة أساسية هي الترتيب المنتظم للذرات والأيونات التي تتكون منها. وعلى هذا الأساس يجب أن نتصور البلورة كبنيان يتكون من وحدات غاية في الدقة تتكرر بانتظام في الأبعاد الثلاثة. وأساس البناء البلوري هو التكرار.

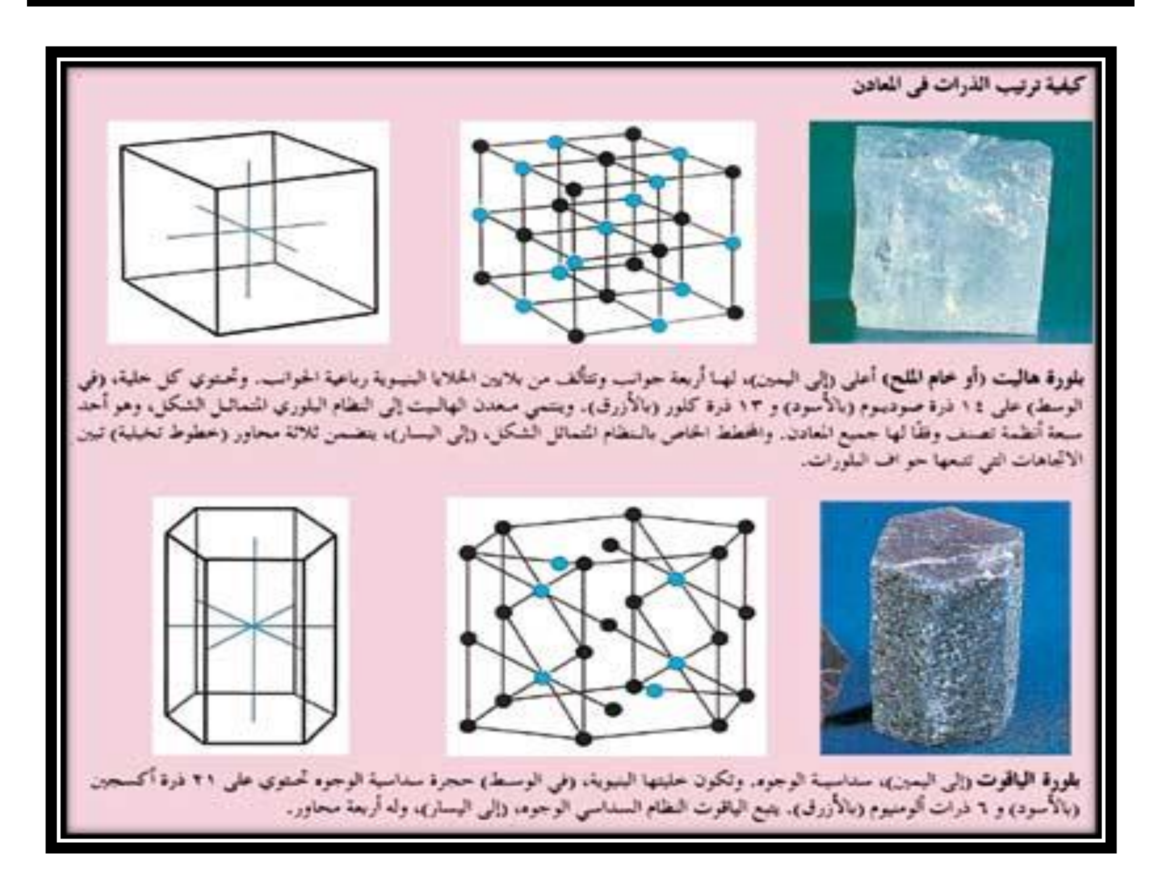
وتترتب هذه الوحدات المتشابهة عن نقاط منتظمة في الأبعاد الثلاثة بطريقة تجعل كل نقطة لها نفس الظروف المحيطة بالنقاط الأخرى ، وبتحديد هذا الترتيب بواسطة اتجاهاته الثلاثة والمسافات التي تتكر عندها النقاط في هذه الاتجاهات. وقد أوضحت المحاولات التي قام بها برافيه عام ١٨٤٨ أن هناك ١٤ نمطا فقط لهذه الترتيبات ممكنة هندسيا . وتعرف هذه الترتيبات الفراغية باسم الترتيبات الفراغية الأربعة عشر لبرافيه The 14 Barvbis space lattices.

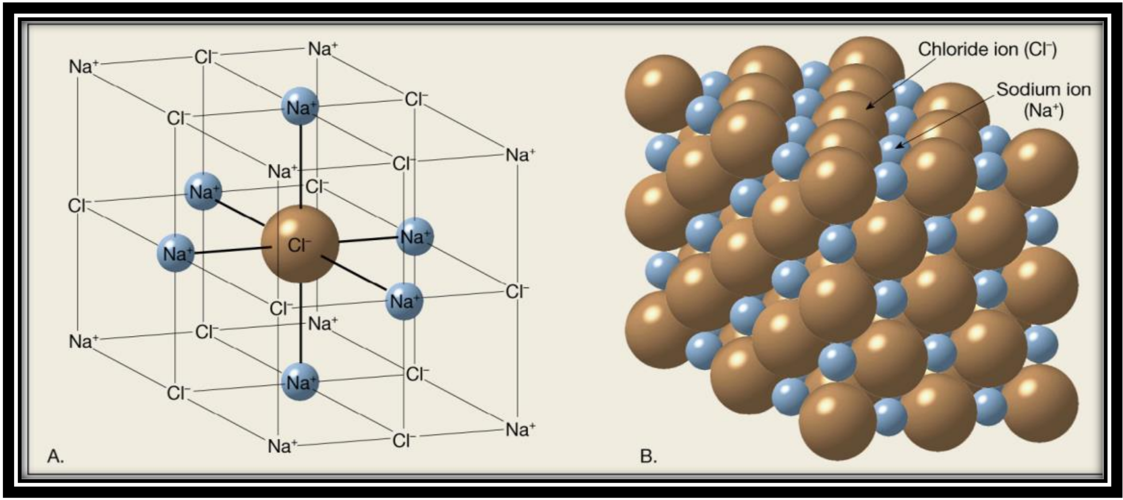
وأبسط وحدات الترتيب الفراغي مجسم متوازي السطوح ويعرف باسم الوحدات الثنائية ، ويلاحظ أن بعض هذه الترتيبات الفراغية أو الوحدات الفراغية البدائية تحتوي الواحدة منها على نقطة واحدة (وتفسير ذلك أنه بالرغم من وجود نقاط عند الأركان الثمانية للوحدة البنائية في الترتيب الفراغي البدائي. إلا أنه نظرا لأن كل نقطة من هذه النقاط تكون مشتركة بين ثماني وحدات بنائية متجاورة. فإن ثمن نقطة يتبع الوحدة البنائية الواحدة ، وبالتالي تسهم النقاط عند الأركان الثمانية بما يساوي نقطة واحدة بالنسبة للوحدة البنائية الواحدة). وتختلف هذه الوحدات البنائية البدائية عن بعضها البعض في أطوال حدودها (حوافها) والزوايا المحصورة بين هذه الحدود α, β, γ ، أما بقية الوحدات البنائية ، فلها نقاط إضافية إما عند مراكز جميع الأوجه . وتعرف باسم

مركز الأوجه أو عند وجهين متقالبين أو ممركزة في الداخل. وفي جميع هذه الحالات تكون الوحدة البنائية مضاعفة أي تحتوي على أكثر من نقطة (٤ نقاط في حالة F ، نقطتان في كل من حالتي I , C).

وتكون الوحدات البنائية المرصوصة في ترتيب الهيكل الغرافي – ترتيب فراغي بدائي P ترتيب فراغي ممركز في الدخل – البلورات التي نمسكها بين أيدينا ونجري عليها الاختبارات ومها هذه الوحدات في الحقيقة إلى ذرات أو مجموعات من الذرات. ففي البلورة كما في المعادن العنصرية (أي التي تتكون من عنصر واحد) ، نجد الذرات غير مشحونة ، ولكن في معظم الحالات تحمل الذرات شحنات كهربية ، وتعرف حينئذ باسم أيونات (تعرف الموجبة منها باسم كاتيونات بينما تعرف السالبة باسم أنيونات). وتتكون معظم المعادن من أيونات أو حشود من الأيونات يضمها إلى بعضها البعض روابط كهربائية نائية عن الشحنات المضادة ونقصد بكلمة بناء البلورة ترتيب الأيونات والمجموعات الأيونية في الفراغ وطبيعة الروابط الكهربائية التي تضم هذه الأيونات إلى بعضها البعض ، ومدى قوة هذه الروابط. ويمكن تشبيه الوحدات البنائية (الذرات والأيونات والحشود الأيونية) ، بقالب الطوب في بنيان حائط بينما تشبه الروابط الكهربية بين هذه الوحدات البنائية ، بالمونة التي تضم القوالب بعضها إلى بعض.





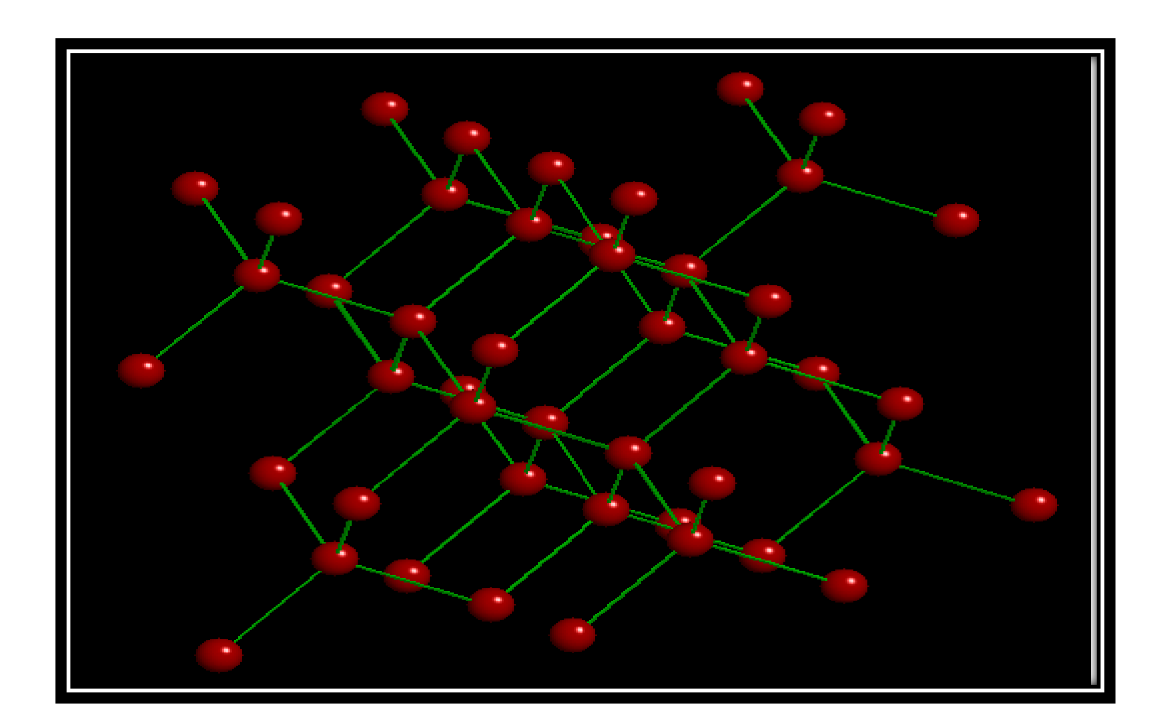


الهاليت

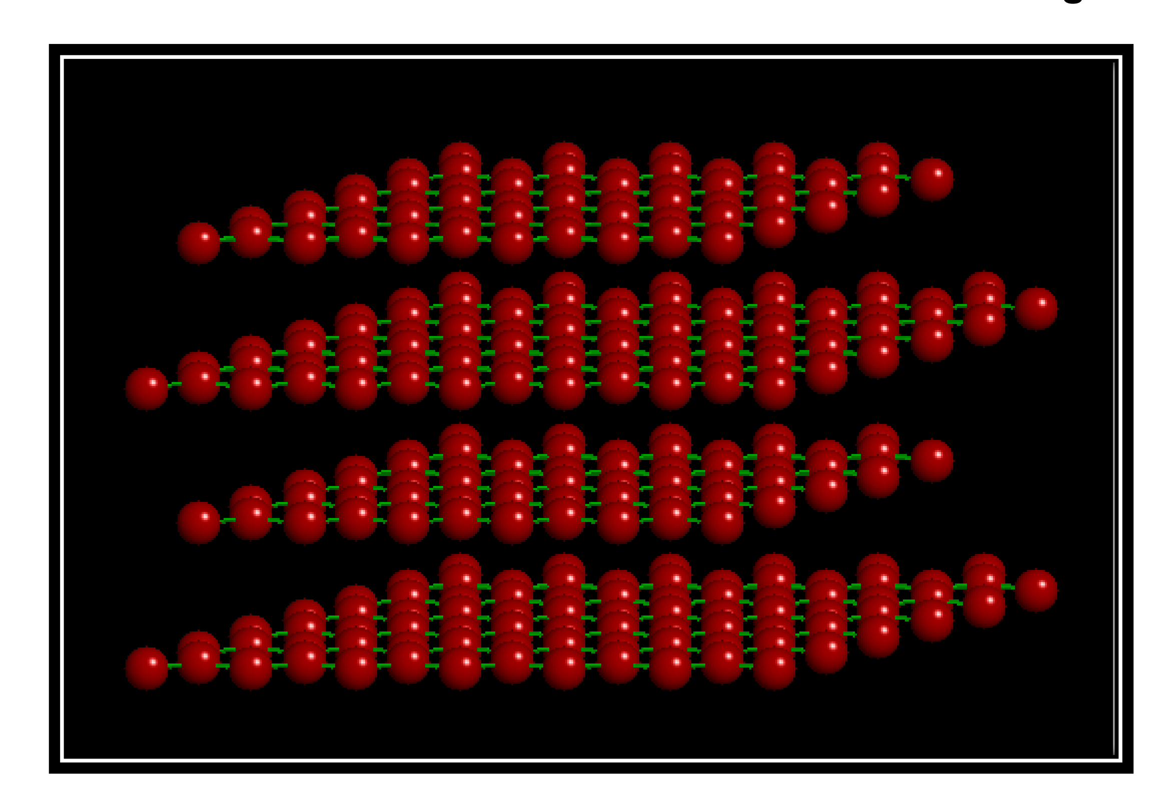
يحتوي المعدن على صفوف منتظمة من الذرات المترابطة كيميائيا لتشكل بنيه بلورية معينه.

بعض العناصر يمكن أن تتحد مع بعضها ، ولذلك فإنه يمكن وجود معدنين مختلفين في الخواص ولكنهما متفقين تماما في التركيب الكيميائي . تسمى المعادن من هذا النوع بالمعادن متعددة الشكل ومن أمثلة هذه المعادن الجرافيت والماس اللذان يتكونان من الكربون رغم اختلافهما الشديد في الصورة.

التعدد الشكلي:



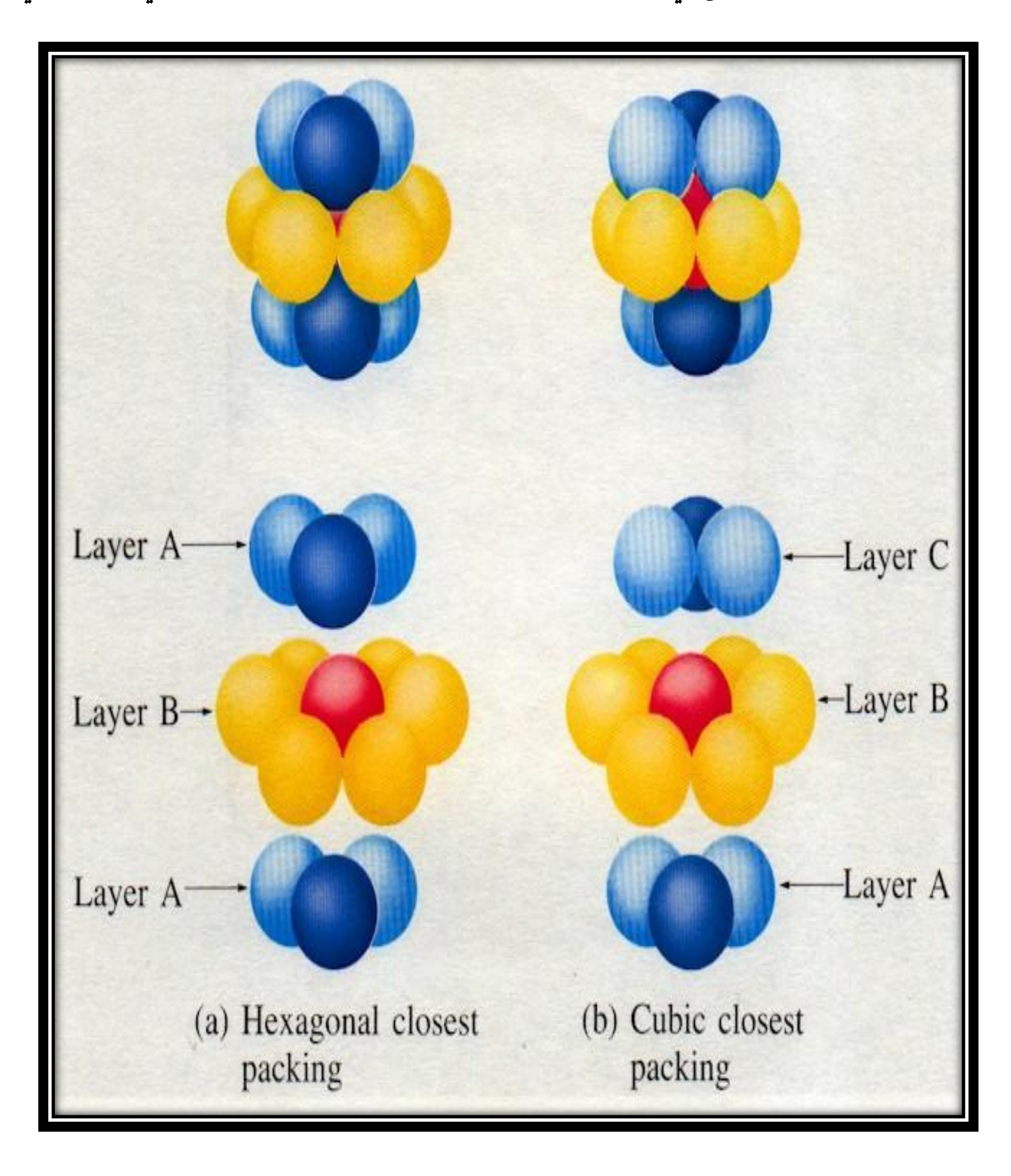
الماس



الجرافيت

القوانين والقواعد التى تحكم انتظام وترابط الأيونات فى الفراغ الهندسى:

وإذا جاءت طبقة أخرى من الذرات المتساوية في نصف القطر فإنها ستترتب في الفراغات B أو C فإذا سقطت في الفراغ B ثم تلتها طبقة أخرى من الذرات موازية للطبقة الأولى ولتكن A فيكون الترتيب A,B,A و يسمى في هذه الحالة **hexagonal closest packing** أما لو سقطت الطبقة الثالثة في الفراغ C فيكون الترتيب A , B , C ويسمى في هذه الحالة **Cubic closest packing** وتظهر كما في الشكل التالي:



(a) Hexagonal closest packing   (b) Cubic closest packing

الخواص الخارجية للبلورات:

الأوجه البلورية:

قلنا أن البلورة تتميز عن المادة المتبلورة في أنه لها أسطحا مستوية خارجية تعرف بالأوجه البلورية. ونجد أن الأوجه البلورية لها علاقة بالنظام الذري الداخلي. هذه العلاقة نائية من أن هذه الأوجه البلورية تكونت نتيجة لهذا النظام الذري الداخلي ، والملاحظ أنه عندما ترتب الذرات نفسها في أي نظام – أثناء نمو المادة المتبلورة. قد يكون هناك عدد معين من السطوح المحتمل تكونها لتحد البلورة الناتجة وهذا العدد يكون عادة قليلا ، وذلك لأن المستويات التي تشمل أكبر عدد من الذرات هي التي تحدد أمكنة الأوجه البلورية. أي أن الأوجه البلورية المحتمل تكونها (وفي المادة هي التي تتكون فعلا) ، هي التي تشمل أكبر عدد ممكن من الذرات.

ولما كان البناء الذري الداخلي للمادة المتبلورة ثابت ، وأن الأوجه البلورية لها ارتباط وثيق بنظام ثابة بالنظام الذري الداخلي ، فإنه ينتج عن ذلك أن الأوجه البلورية الخارجية لابد وأن تكون ذات عرقة ثابتة مع بعضها البعض. هذه العلاقة الثابتة بين الأوجه البلورية توجد في الزوايا التي تكونها الأوجه. وهذه الحقيقة تعرف باسم قانون ثبات الزوايا بين الوجهية Law of constancy of interfacial angles. وينص هذا القانون على أن زاوية الميل بين وجهين بلورين (زاوية بين وجهية) ثابتة في بلورات المادة الواحدة (عند درجة الحرارة الواحدة). وهذا القانون أساسي ومهم جدا في علم البلورات ، فبواسطته يمكن التعرف على كثير من المعادن ، وذلك إذا قسنا الزوايا بين الوجهين بدقة (بواسطة جهاز يعرف باسم الجونيومتر) إذ أن هذه الزوايا مميزة لكل معدن. ومن أبسط أنواع الجيونيومتر النوع الذي يعرف باسم جونيومتر التماس الذي يستعمل في قياس الزوايا بين الوجهية على البلورات الكبيرة ونتائجه دقيقة إلى حد ما.

كما يجب ألا يغب عن الذهب أن الزوايا المكملة (الزوايا الداخلة) هي التي تقاس عادة وتدون كقيمة للزوايا بين الوجهية عند دراسة البلور. وأول من لاحظ ثبات الزوايا بين الوجهية هو العالم الدنماركي استينوهام ١٦٦٩. فعندما قطع مقاطع أفقية في عدد كبير من بلورات الكوارتز ، وجد أن الزاوية بين أي وجهين ، ولكيونا م١ ، م٢ مثلا ، مقدارها ثابت بين جميع الأوجه التي تناظر م١ ، م٢ في المقاطع الأخرى. هذه الزاوية مقدارها ١٢– درجة مهما اختلفت البلورات في الشكل الخارجي أو الحجم ، ومن أي مكان جمعت البلورة.

وتختلف بلورة المعدن الواحد في الطبيعة من ناحية مظهرها. فمنها الصغير ومنها الكبير ، ومنها المفلطح ومنها الطويل ، إبريا كان أو منشوريا. ولكننا نجد أنه مهما اختلف المظهر فإن الزوايا بين الوجهية ثابتة. فبلورة مكعبة قد توجد متساوية الأبعاد أو مفلطحة أو منشورية ، أو ابرية لاشكل ولكن في جميع الحالات تبقى الزاوية بين أي وجهين متناظرين ثابتة ومقدارها في هذه الحالة ٩٠ درجة.

والسبب في ذلك أن المظهر الخارجي للبلورة المكعبة هو الذي تغير ، أما البناء الداخلي وترتيب الذرات فلم يتغير – فالوحدات البنائية التي يتكون منها المكعب ثابتة في جميع المظاهر الخارجية للبلورة. فهي وحدات متساوية الأبعاد .

ونلاحظ بصفة عامة أن الأوجه البلورية في البلورات الطبيعية (الموجودة في الطبيعة) غير متساوية التكوين. فنجد مثلا أن الأوجه البلورية الثمانية للشكل البلوري المعروف بالسم ثماني الأوجه ، لا تكون متساوية في شكل مثلثات متساوية الأضلاع ولكن نجد أن هذه الأوجه غير متساوية التكوين ، ولكن بالرغم من عدم تساوي الأوجه فإن الزوايا بين الوجهية ثابتة .

ويعرف عدم تساوي الأوجه البلورية للشكل البلوري الواحد باسم اختلاف الأوجه البلورية أو النشوء ، وتعرف البلورة في هذه الحالة باسم مختلفة الأوجه البلورية أو مشوهة. والنشوء لا يشير من قيمة الزوايا بن الوجهية بالمرة. وهذا ناتج من أن الأوجه البلورية نفسها ثابتة الميل والاتجاه. لأنها هي الأخرى نتيجة وتعبير للبناء الذري الداخلي المنظم للبلورة ، إذ تكون الأوجه البلورية موازية للمستويات التي تشمل أكبر عدد ممكن من الذرات. وبما أن الترتيب الذري الداخلي ثابت في جميع بلورات المادة الواحدة ، لذلك كانت الأوجه البلورية المتكونة على جميع هذه البلورات ثابتة الإتجاه أيضا ، وبالتالي تكون الزوايا بينهما ثابتة.

عناصر التماثل: Element of Symmetry

من الظواهر الملحوظة على كثير من البلورات ظاهرة التوزيع المنظم والمرتب للأوجه البلورية. فإننا نجد أن جميع الأوجه البلورية وكذلك الذرات والأيونات المكونة للمادة مرتبة حسب نظام خاص وتنسيق معين يخضع لقواعد معينة معروفة باسم عناصر التماثل. وجوهر التماثل هو التكرار. فنلاحظ أن وجه البلورة مثلا أو أحد أحرفها يتكرر عدة مرات – أي يوجد في أماكن متماثلة عددا من المرات – طبقا لقانون ثابت. ويعتبر التماثل أساسا في دارسة البلورات.

ويمكن تعريف التماثل في بلورة ما بأنه عبارة عن العمليات التي ينتج عنها أن تأخذ مجموعة معينة من الأوجه البلورية نفس المكان الذي تشغله إحداها. والعمليات التماثلية المعروفة هي:

1– دوران حور محور (محور التماثل الدوراني).
٢ – انعكاس خلال مستوى (مستوى التماثل).
٣ – انقلاب حول مركز (مركز التماثل).
٤ – دوران حول محور مصحوبا بانقلاب (محور التماثل الانقلابي).
ويعرف المحور والمستوى باسم عناصر التماثل.

1- محور التماثل الدوراني: Rotation axis of symmetry

وهو عبارة عن الخط الذي يمر بمركز البلورة والذي تدور أو تلف حوله البلورة وينتج عن هذا أن يتكرر وضع البلورة. أي ظهور وجه أو حرف ما مرتين أو أكثر ومتخذا في كل مرة وضعها مشابها للموضع الاول خلال دورة كاملة (أي ٣٦٠ درجة) .

ويطلق على المحور اسم ثنائي التماثل أو ثلاثي التماثل أو رباعي التماثل أو سداسي التماثل ، حسب عدد المرات التي يظهر فيها الوجه على البلورة في الدورة الكاملة. ففي حالة المحور ثنائي التماثل ، يظهر الوجه كل ١٨٠ درجة. ويتكرر وضع البلورة مرتين في ٣٦٠ درجة. وفي حالة المحور ثلاثي التماثل ، يظهر الوجه كل ١٢٠ درجة ، ويتكرر وضع ، فإن الوجه يظهر كل ٩٠ درجة ، ويتكرر وضع البلورة أربع مرات خلال ٣٦٠ درجة. وفي حالة المحور سداسي التماثل ، يظهر الوجه مرة كل ٦٠ درجة ، ويتكرر وضع البلورة ست مرات في الدورة الكاملة. ويرمز للمحاور التماثلية بالرموز الآتية: ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٦ .

وقد يتساءل سائل لماذا لا يوجد محور خماسي التماثل أو سباعي التماثل أو أكبر من ذلك؟ والإجابة على ذلك بسيطة إذا علمنا أن الوحدة البنائية ذات التماثل البلوري يجب أن تكون قادرة على التكرار في الفراغ دون أن تترك أي فجوات أو مسافات. فالأشكال الثنائية التماثل وكذلك الثلاثية والرباعية والسداسية تتكرر لمتلأ الفراغ دون أن تترك أي فجوات أو مسافة بينية ، بينما تترك الأشكال الخماسية والسباعية والثمانية مسافات وفجوات وهذا لا يتفق مع الترتيب المنتظم في الفراغ للوحدات البنائية في الأبعاد الثلاثة.

٢- مستوى التماثل: Plan of symmetry وهو المستوى الذي يقسم البلورة إلى نصفين متشابهين بحيث إذا وضعنا أحد النصفين أمام مرآة فإن الصورة الناتجة تنطبق تماما على النصف الآخر للبلورة ورمز لمستوى التماثل برمز "م" (من كلمة مرآة).

٣- مركز التماثل: Center of symmetry تحتوي البلورة على لمركز تماثل اذا قابل الخط المار بالمركز من أي نقطة على سطح البلورة نقطة مشابهة لها تماما على الجزء المقابل . أو بمعنى آخر إذا وجد لكل وجه بلوري أو حرف في ناحية من مركز البلورة وجه بلوري مشابه أو حرف في الناحية المقابلة الأخرى من مركز البلورة وعلى مسافة مساوية ، فإن هذه البلورة تحتوي على مركز تماثل ويرمز لمركز التماثل بالرمز "ن" ، (نقطة لاتماثل الداخلية) . والبلورة إما أن تحتوي على مركز تماثل واحد فقط أو لا تحتوي على مركز تماثل بالمرة.

٤- محور التماثل الانقلابي: Inversion axis symmetry يجمع هذا العنصر التماثلي بين محور التماثل الدوراني والانقلابي عبر مركز البلورة. ويجب اتمام العمليتين قبل الحصول على موقع التكرار الجديد. فإذا كان يوجد بالبلورة مركز تماثل فإنه يرمز لـه عادة برمز محور الإنقلاب أحادي التماثل (أ) ، إذ أ، هذا يكافئ دوران نقطة على البلورة دوة كاملة (٣٦٠ درجة) ثم تكرارها بإنقلابها عبر المركز في الجهة المقابلة

لهذه النقطة على البلورة. وهناك أيضا محاور انقلابية ثنائية وثلاثية ، ورباعية وسداسية التماثل. والآن لنتفهم كيف يعمل محور التماثل الانقلابي ، وليكن مثلا محور انقلابي رباعي التماثل. في حالة محور الدوران الراعي التماثل ، نلاحظ أن تكرار أربع نقاط (أو أركان) – تبعد الواحدة منها عن الأخرى ٩٠ درجة – يحدث جميعه إما على الجزء الأعلى من البلورة أو على الجزء الأسفل للبلورة . أما في عملية المحور الانقلابي الرباعي التماثل ، فإن النقاط (أو الأركان الأربع سوف تتكرر أيضا كل ٩٠ درجة ، ولكن اثنتين منها توجد أعلى البلورة ، بينما توجد النقطتان الآخريان أسفل البلورة. إن عمل مثل هذا المحور الانقلابي التماثل يشمل أربعة دورانات كل ٩٠ درجة ، ويلي ذلك إذا كانت النقطة الأولى في الجزء الأعلى من البلورة ، كانت النقطة الثانية في الجزء الأسفل للبلورة ، والثالثة في الجزء الأعلى والرابعة في الجزء الأسفل. ويرمز للمحاور الانقلابية أحادية ، وثنائية ، وثلاثية ، ورباعية وسداسية التماثل بالرموز التالية على التوالي: ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٦ .

قانون التماثل Symmetry formula

يمكن كتابة عناصر التماثل في البلورة في هيئة قانون يعرف باسم قانون التماثل الكامل Complete Symmetry formula ، وذلك باستعمال الرموز التماثلية وهي: ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٦ ، للمحاول الدورانية الثنائية والثلاثية والرباعية والسداسية التماثل على التوالي و ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٦ للمحاور الانقلابية الأحادية والثنائية والثلاثية والرباعية والسداسية التماثل على التوالي ن م لمستوى التماثل ، ن لمركز التماثل. فاذا وجد محور دوران تماثلي عموديا على مستوى تماثل فإن القانون يكتب هكذا ٢/م أو ٣/م ، الخ ... حسب درجة المحور التماثل ، ويقرأ اثنين على ميم ، وثلاثة على ميم ، الخ .. أما إذا كان المحور التماثلي يمر في المستوى التماثلي وليس عموديا عليه ، فإن القانون يكتب ٢م أو ٣ م الخ .. حسب درجة المحور التماثلي. أما في حالة وجود مستويان تماثليان أحدهما عمودي على المحور التماثلي والآخر يمر بالمحور فإن القانون يكتب ٢/م م أو ٣/م م ، الخ. وفي حالة وجود أكثر من محور تماثل واحد أو مستوى تماثل واحد فإن عدد المحاور أو المستويات يكتب في الركن الأعلى الشمالي لرمز المحور أو المستوى هكذا ٣٢ ، م٣ ، ٤/م ٣ أي ثلاثة محاور ثنائية التماثل ، ثلاث مستويات تماثلية ، ثلاثة محاور رباعية التماثل عمودية على ثلاث مستويات تماثلية ، على التوالي (لاحظ أن القانون الأخير لا يعني ثلاثة محاول رباعية التماثل عمودية على مستوى تماثل واحد ، إذ أن ٤/م تدل على مجموعة غير مجزأة).

الفصائل والمحاور البلورية:

الفصائل البلورية: Crystallographic systems

تتبع البلورات سبعة أقسام تعرف باسم الفصائل البلورية السبعة ، يمكن التعرف عليها على أساس المحاور التماثلية الموجودة كما يلي:

١ – فصيلة المكعب (أو متساوي الأطوال): وتشمل جميع البلورات التي تحتوي على أربعة محاور ثلاثية التماثل.
٢– فصيلة السداسي : وتشمل جميع البلورات التي تحتوي على محور واحد سداسي التماثل فقط.
٣– فصيلة الرباعي : وتشمل جميع البلورات التي تحتوي على محور رباعي التماثل فقط.
٤– فصيلة الثلاثي : وتشمل جميع البلورات التي تحتوي على محور واحد ثلاثي التماثل فقط.
٥ – فصيلة المعيني القائم : وتشمل جميع البلورات التي تحتوي على ثلاثة محاور ثنائية التماثل.
٦– فصيلة الميل الواحد : وتشمل جميع البلورات التي تحتوي على محور واحد ثنائي التماثل فقط.
٧– فصيلة الميول الثلاثة : وبلوراتها لا تحتوي على آية محاور تماثلية.

وتضم كل فصيلة من هذه الفصائل السبعة عددا من المجموعات التماثلية ، أو ما يعرف باسم النظم البلورية (اثنين في فصيلة الميول الثلاثة ، وثلاثة في كل من فصيلتي الميل الواحد والمعيني القائم ، خمسة في كل من فصيلتي الثلاثي والمكعب ، سبعة في كل من فصيلتي الرباعي والسداسي) وتحتوي على المميزات التماثلية للفصيلة التي تتبعها ، فمثلا ، قد تحتوي بلورة تابعة لفصيلة الثلاثي على محور دوران ثلاثي التماثل فقط ، أو على محور انقلابي ثلاثي التماثل ، أو على مجموعة من محور واحد ثلاثي التماثل ، وثلاثة محاور ثنائية التماثل ، أو ثلاثة مستويات تماثل ، أو كليهما. معنى ذلك أن فصيلة الثلاثي تضم خمسة نظم بلورية. وعلى هذا الأساس وجد أن الفصائل البلورية لاسبعة تضم ٣٢ نظاما بلوريا ، وفي كل فصيلة يوجد نظام واحد يحتوي على أعلى تماثل بين النظم التابعة لهذه الفصيلة. ويعرف هذا النظام باسم النظام الكامل التماثل.

المحاور البلورية: Crystallographic axes

المحاور البلورية هي عبارة عن ثلاثة خطوط تصورية أو خيالية ، (أربعة في فصيلتي السداسي والثلاثي) والتي يمكن رسمها داخل البلورة بحيث تتقاطع في مركز البلورة (مركز النقل) ، وتعمل كخطوط ترجع إليها كلما أردنا وصف مواضع الأوجه البلورية (كل وجه لابد أن يقطع واحدا أو أكثر من هذه المحاول البلورية على مسافة معينة من المراكز).

واتجاهات المحاور البلورية محددة على البلورة بواسطة العناصر التماثلية الموجودة ، إذ غالبا ما يكون محور التماثل محورا بلوريا وخصوصا بالنسبة للمحور البلوري الرأسية (ج) الذي يمثل في غالبية الأحوال المحور الأكثر تماثل. وينتج عن تقاطع المحاور البلورية ما يسمى بالمتقاطع المحوري Axial cross ، ويرمز إلى وحدات المحاور البلورية إذا كانت متساوية بالرموز ١١١. أما إذا كانت الوحدات التماثلية مختلفة الأطوال فإنه يرمز إليها بالرموز أ ، ب ، ج ، حيث أ هو المحور الممتد من الأمام إلى الخلف (الاتجاه س) ، ب المحور المتد من اليمين إلى اليسار (الاتجاه ص) ، ج هو المحور الممتد رأسيا (الاتجاه ع). ونفرق أطوال هذه الحاور باوسطة استعمال الاشارات الموجبة (+) ، والسالبة (–). وينتج عن تقاطع هذه المحاور الثلاثة زوايا تعرف باسم الزوايا المحورية ، وهي زاوية ألفا (α) بين ب ، ج ، وزاوية بيتا (β) بين أ ، ج ، وزاوية جاما (δ) بين أ ، ب .

ويجدر بنا الإشارة في هذا المكان إلى أن المحور البلوري ج هو دائما محور سداسي التماثل في فصيلة السداسي ، ورباعي التماثل في فصيلة الرباعي ، وثلاثي التماثل في فصيلة الثلاثي . وتختلف فصيلة الثلاثي عن السداسي ، بجانب الاختلافات السابقة ، في أن فصيلة الثلاثي لا تحتوي بلوراتها على مستوى تمثالي أفقي.

تعليمات بشأن اختيار المحاور البلورية : (في النظم الكاملة التماثل):

فصيلة المكعب: المحاور الرباعية التماثل هي المحاور البلورية.

فصيلة السداسي: المحور السداسي التماثل هو المحور ج ، وأطول ثلاثة محاور ثنائية التماثل هي المحاور ١ أ ١ ، أ٢ ، أ٣.

فصيلة الرباعي: المحور الرباعي التماثل هو المحور ج ، وأطول محورين ثنائي التماثل هما ، المحورات أ١ ، أ٢.

فصيلة الثلاثي: المحور الثلاثي التماثل هو المحور ج ، وأطول ثلاثة محاور ثنائية التماثل هي المحاور أ١ ، أ٢ ، أ٣.

فصيلة المعيني القائم: الثلاثة محاور الثنائية التماثل هي المحاور البلورية ، وفي العادة يختار ج أطول من ب ، وب أطول من أ.

فصيلة الميل الواحد : المحور الثنائي التماثل هو المحور ب ، يختار بعد ذلك المحور ج موازيا لحروف أربعة أوجه متشابهة تماما والتي تعتبر مكونة للشكل المنوشري ، وبعد ذلك يختار المحور أ موازيا للسطحين الذين يقطعان أوجه المنشور بزاوية تقرب من القائمة.

فصيلة الميول الثلاثة: ابحث عن ثلاثة أزواج من السطوح المتوازية التي تتقاطع مع بعضها بزوايا تقرب من القائمة والتي تحد الفراغ كعلبة كبريت مشوهة ، وتختار المحاور البلورية موازية لهذه الأسطح (كل محور موازي لمجموعتين من هذه المجموعات الثلاث) (كل مجموعة تتكون من سطحين). غالبا يكون ج>ب>أ.

الأوجه البلورية، التقاطعات، الاحداثيات، الأدلة:

عندما نريد وصف الأوجه البلورية فإنه يكون لزاما علينا أن نحدد مواضع هذه الأوجه بالنسبة للمحاور البلورية. فالذي يهمنا في الدراسات البلورية هو اتجاه ميل الوجه وليس شكله أو حجمه ، وإنه ينتج من الاتجاهات الثابتة للأوجه زوايا ثابتة مميزة. تعرف باسم الزوايا بين الوجهية ، فكذلك ينتج من اتجاه ميل وجه البلورة أن الوجه قد يقطع المحاور البلورية الثلاثة ، أو يقطع محورين ويوزاي الثالث ، أو يقطع محورا واحدا ويوازي الاثنين الآخرين. ويظهر كل تقاطع – بين الوجه والمحور البلوري – على مسافة معينة من مركز البلورة. وتعرف هذه المسافة التي يمكن قياسها بالملليمترات أو السنتيمترات باسم تقاطع الوجه بالمحور البلوري. وعلى هذا نجد أن في البلورات الكبيرة يكون التقاطع أكبر منه في البلورات الصغيرة. لأن قيمة

التقاطع في هذه الحالة تتوقف على فرصة البلورة في النمو وعلى ذلك نجد أنه من المستحب ومن الأفضلأن نلجأ إلى طريقة لوصف الأوجه البلورية لا تعتمد بالمرة على حجم البلورة الذي توجد عليه في الطبيعة ومثل هذه الطريقة موجودة ، وفيها لا نستعمل المسافة المطلقة من المركز إلى الوجه وإنما المستعمل المسافة النسبية التي تقاس بالنسبة إلى طول الوحدة على كل محور بلوري. هذا يعني أننا لابد أن نختار أولا وجها بلوريا يقطع جميع المحاور الثلاثة ويحدد ذلك طول اوحدة على كل من هذه المحاور ،ويعرف هذا الوجه باسم وجه الوحدة ، وبعد ذلك يمكننا أن نعبر عن تقاطعات جميع الأوجه البلورية الأخرى في هيئة نسبة إلى تقاطعات وجه الوحدة.

الأدلة Indices:

وهذه عبارة عن تعبيرات أو رموز مختصرة ومبسطة اشتقت من احداثيات الشكل البلوري ، وتستعمل عادة بدلا من الاحداثيات لتعبر عن علاقة الوجة او الشكل البلوري (مجموعة أوجه متشابهة) بالمحاور البلورية. وهناك أكثر من نوع من الأدلة ، وسوف نستعمل في دراستنا البلورية أدلة ميلر **Miller indices** ، لأنها الأكثر استعمالا. وتشتق أدلة ميلر من احداثيات الشكل البلوري بأن نأخذ مقلوب الاحداثيات ثم نتخلص من الكسور إن وجدت. فنجد أن دليل وجه الوحدة (أو احداثياته أ:ب:ج). هو ٠,٥أ:٠,٥ب:٠,٥ج أو (١١١) ، سواء أكانت البلورة مكعبا أو ميول ثلاثة: وسواء أكانت التقاطعات التي يعملها الوجه على المحاور متساوية أم غير متساوية.

بلورة التوباز نجد أن:

احداثيات الوجه هـ ، ب ، و ، هي ٠,٥أ: ب:٢ج

الدليل (مقلوب الاحداثيات(هو ٢أ:ب: ٠,٥ج

ويعطي التخلص من الكسور ٤أ:٢ب:ج

وعلى ذلك يكون دليل هذا الوجه والشكل التابع لـه هو ٤أ:٢ب: ج ، وعادة تحذف الحروف الدالة على المحاور البلورية المختلفة ، ويكتب الدليل مبسطا هكذا ١٢٤ ، وينطق أربعة اثين واحد ، ويكون دائما بالترتيب أ ثم ب ثم ج. وفي فصيلتي الثلاثي ولاسداسي ، التي لبلوراتها ٣ محاور بلورية ، يتحول التعبير العام إلى (هـ ك و ل) وفيه تشير إلى الطرف السالب للمحور ط (الوحدة أ٣) وتساوي قيمة و قيمة هـ + ك أي أن و = هـ + ك.

الشكل البلوري: Crystal form

ويتكون من مجموعة الأوجه البلورية المتشابهة (شكلا وحجما) الموجودة على نموذج البلورة.. أو بعبارة أخرى يتكون الشكل البلوري من مجموعة من الأوجه التي يستلزم وجودها عناصر التماثل في البلورة وذلك إذا وجد على البلورة وجه واحد من هذه الأوجه ، فمثلا في بعض الفصائل البلورية ذات التماثل العالي نجد أن (١١١) ، (١١١¯) يتتبعان شكلا بلوريا واحدا ، وفي فصائل أخرى ذات تماثل منخفض نجد أن (١١١) ، (١١١¯) لا يتبعان شكلا بلوريا واحدا. ولكن يتبعان شكلين مستقلين . والسبب في ذلك أنه في الحالة الاولى

يوجد مستوى تماثل أفقي يعكس الوجه (١١١) ، (١١١¯) ، أما في الحالة الثانية فلا يوجد مستوى تماثل أفقي وبذلك لا يرتبط الوجه (١١١) بالوجه (١١١¯) بآية رابطة ، ويتبع الوجهان شكلين إثنين.

رمز الشكل: Form symbol:

وهو عبارة عن دليل أحد أوجه الشكل البلوري الذي لـه أبسط علاقة مع المحاور البلويرة. ويكتب رمز الوجه بين قوسين صغيرين هكذا ( ) مثل (٣٢١) ، أما رمز الشكل فيكتب بين قوسي كبيرين هكذا { } ، مثل {٣٢١}.

- الشكل الكامل الأوجه bolobedral form: هو المجموعة الكاملة لجميع الأوجه الممكنة على البلورة التي لها نفس الأحداثيات والتي لها أوضاع هندسية متشابهة بالنسبة للمحاور البلورية .
- أما شكل نصف الأوجه Bemibedral form: فيتكون من نصف الأوجه التي يتطلبها التماثل التام ، ويشتق من الشكل الكامل بأن يترك الأوجه المتبادلة .
- الشكل المفتوح Open form: هو الشكل البلوري الذي لا تقفل الأوجه المكونة لـه الفراغ بمفردها. ومن أمثلته الأوجه الأربعة لشكل المنشور.
- أما الشكل المقفول closed form: فهو الشكل البلوري الذي تقفل الأوجه المكونة لـه الفراغ بمفردها. ومن أمثلة الأوجه الستة المكونة لشكل المكعب .

مجموعات الأشكال: Combinations of form:

في كثير من الحالات نجد أن الأوجه التي تظهر على البلورة لا تنتمي إلى شكل بلوري واحد ، بل إلى عدة أشكال. أي أن هذه الأشكال تتكون مرة واحدة على البلورة ، وفي هذه الحالة ينتج ما يعرف باسم مجموعات الأشكال.

فصيلة المكعب أو متساوي الطول : Cubic or Isometric System

المحاور البلورية:

تشمل هذه الفصيلة جميع البلورات التي لها ثلاث محاور بلورية متساوية ومتعامدة ، تمسك البلورة بحيث يكون أحد المحاور الثلاثة عموديا والثاني يمتد من اليمين إلى اليسار والثالث يمتد من اليمين إلى اليسار والثالث يمتد من الأمام إلى الخلف ولما كانت هذه المحاور الثلاثة متساوية في طول وحداتها متعامدة فإنه لا يمكن تمييز إحداها عن الآخر ، ولذلك يرمز لها بالرمز أ .

وتضم فصيلة المكعب خمسة نظم بلورية :

النظام قانون التماثل الكامل مثال من المعادن سداسي الثماني الأوجه ٣٤/م ٣ ٤ ٢ ٦ /م ن فلوريت CaF2 الأربعة وعشرون وجها مخمسا ٤ ٣ ٣ ٤ ٢ ٦ -- سداسي الرباعي الأوجه ٤ ٣ ٣ ٤ م ٦ سفاليريت ZnS الإثناء عشر وجها مزدوجا ٢ ٣ /م ٣ ٤ ن بيريت FeS2 رباعي الأوجه ذو الإثنى عشر وجها مخمسا ٢ ٢ ٣ ٤ كرباليتيت CoAsS.

النظام العادى أو سداسي الثماني الأوجه: Norma of Hexoctabedral

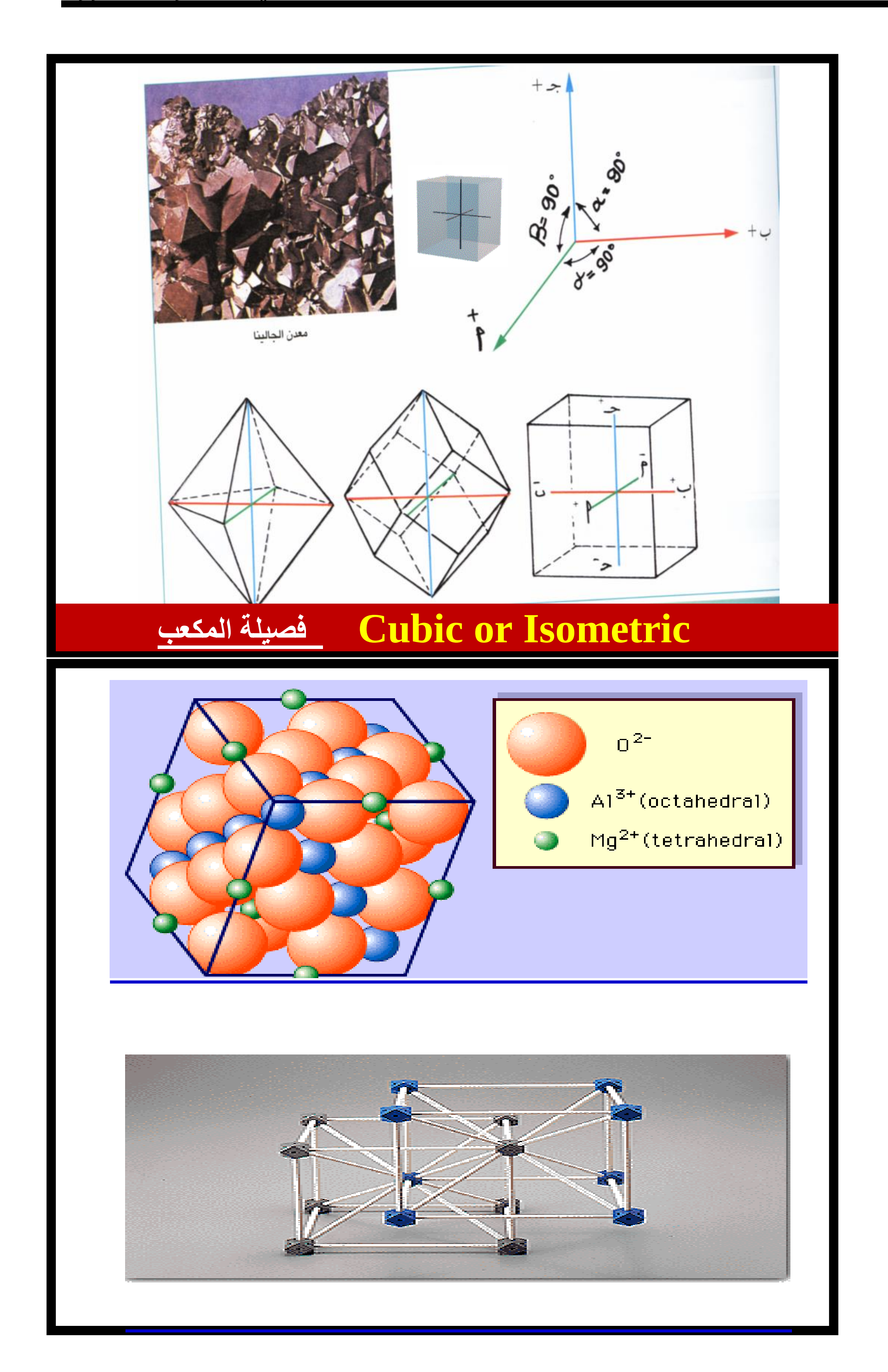
التماثل:

قانون التماثل الكامل: ٤ /٣م ٣ ٤ ٢ /٦م ن

المحاور التماثلية: لبلورات هذا النظام ١٣ محورا تماثليا ، بيانها كالتالي: ثلاثة محاور رباعية التماثل ، وهذه تنطبق على المحاور البلورية ، أربعة محاور ثلاثية التماثل ، وهي تميل على المحاور البلورية ، ستة محاور ثنائية التماثل موجودة في المستويات التماثلية المحورية (المستويات التي تشمل المحاور البلورية) ومنصفة الزوايا التي بين المحاور البلورية.

المستويات التماثلية : توجد في هذا النظام تسعة مستويات تماثلية. ثلاثة منها موازية لمستويات المحاور البلورية وبالتالي تكون متعامدة على هذه المحاور. هذه المستويات التماثلية المحورية ، وهي تقسم الفراغ إلى ثمانية أجزاء متساوية يعرف كل جزء منها بالثمن. أما المستويات الستة الأخرى فإن كلا منها يوجد موازيا لاحد المحاور البلورية ومنصفا للزاوية التي بين المحورين الآخرين ، وعلى ذلك فهي تقسم الفراغ إلى ٢٤ جزءا متساويا ، وتقسم المستويات التماثلية التسعة مكتملة الفراغ إلى ٤٨ جزءا متساويا.

مركز التماثل: يوجد في هذا النظام مركز تماثلي ، وينتج عن ذلك أن يكون لكل وجه بلوري وجه مقابل موازي له.


معدن الجالينا
β= 90°
α = 90°
γ= 90°
فصيلة المكعب
Cubic or Isometric
O^{2-}
Al^{3+}(octahedral)
Mg^{2+}(tetrahedral)

الأشكال البلورية:

تسمى الأشكال المكعبة بأسماء خاصة حسب عدد الأوجه التي تكون كل شكل.

ثماني الاوجه: يتكون هذا الشكل البلوري – كما يدل عليه اسمه – من ثمانية أوجه ، كل وجه يميل ميلا متساويا على المحاور البلورية الثلاثة ، وعلى ذلك تكون احداثياته هي ١:١:١ والدليل {١١١}. وكل وجه عبارة عن مثلث متساوي الأضلاع.

الإثناء عشر وجها معينا : يتكون من إثني عشر وجها ، يقطع كل وجه إثنين من المحاور البلورية على نفس المسافة ، ويمتد موازيا للمحور الثالث ، وعلى ذلك تكون الاحداثيات أ:أ:∞أ ، والدليل هو {٠١١}. وعندما يكون هذا الشكل نموذجيا نجد أن كل وجه عبارة عن معين متساوي الأضلاع ، وتمر المحاور البلورية بالزوايا المكونة من أربعة أوجه ، أما المحاور الثلاثية فتمر بالزوايا الناتجة من تقابل ثلاثة أوجه ، تصل المحاور ثمانية التماثل بين مراكز الأوجه المتقابلة.

سداسي الأوجه أو المكعب: تقطع أوجه هذا الشكل محورا بلوريا واحدا وتوازي المحورين الآخرين ، وعلى ذلك تكون الأحداثيات أ: ∞أ: ∞أ والدليل هو {٠٠١} ، ويكون شكل الوجه على بلورة نموذجية مربعا حيث تمر المحاور البلورية بمراكز هذه الأوجه أم المحاور الثلاثية التماثل الإثنى عشر حرفا بين هذه الأوجه حيث يصل كل محور بين منتصف حرفين.

ثلاثي الثماني الأوجه : تقطع أوجه هذا الشكل اثنين من المحاور البلورية على مسافتين متساويتين. أما تقاطع المحور الثالث فعلى مسافة أطول ، تكون الأحداثيات إذا أ:أ:مأ ، حيث م عبارة عن عدد نسبي أكبر من الواحد ولكن أقل من مالا نهاية. (∞ >م>١). وينتج عن ذلك أنت يكون الدليل {هـ هـ ل} حيث هـ > ل مثل {١٢٢} ، ويتكون الشكل من أربعة وعشرين وجها ، كل وجه منها عبارة عن مثلث متساوي الساقين.

الأربعة وعشرون وجها: (شبه المنحرف المكعبي) يتكون هذا الشكل من أربعة وعشرين وجها ، كل وجه عبارة عن شبه منحرف يقطع أحد المحاور البلورية على مسافة تساوي الوحدة ويقطع المحورين الآخرين على مسافتين متساويتين أكبر من الوحدة "م أ" حيث ∞ > م > ١ ، الأحداثيات هي ١: م ١: م ١ ، والدليل عو {هـ ل ل} حيث هـ > ل مثل {١١٢} ، وتصل المحاور البلورية بين الزوايا المكونة من ثلاثة أوجه ، أما المحاور ثنائية التماثل فإنها تميل بين المحاور البلورية.

رباعي السداسي الأوجه : نجد في هذا الشكل البلوري أن كل وجه يقطع محورا بلوريا على مسافة تساوي الوحدة ، والثاني على مسافة أكبر مقدارها م١ حيث ∞ >م > ١ ، ويوازي المحور الثالث. وتكون الأحداثيات إذا ١ : م: ∞١ ، والدليل هو {هـ ل .} مثل {٠١٢}. ويتكون الشكل من أربعة وعشرين وجها ، موزعة بحيث تحل كل أربعة أوجه محل وجه في شكل سداسي الأوجه ، ويكون كل وجه منها عبارة عن مثلث متساوي الساقين. وتصل المحاور البلورية في هذا لاشكل بين الزوايا الست الناتجة من تلاقي أربعة أوجه لكل منها ، بينما تصل المحاور ثلاثية التماثل بين الزوايا المكونة من ستة أوجه ، أما المحاور ثنائية التماثل فإنها تصف الأحرف الطويلة.

سداسي الثماني الأوجه: يتكون هذا الشكل من ٤٨ وجها ، كل ستة أوجه تكونت مكان وجه من أوجه شكل الثماني الأوجه ، ويقطع كل وجه أحد المحاور البلورية على مسافة مقدارها الوحدة ، والمحورين

الآخرين على مسافتين غير متساويتين نأ ، مأ على التوالي ، حيث ن أصغر من م ، وحيث ∞ >م >أ ، إذا الأحداثيات هي (أ: ن أ: مأ) ، والدليل هو {هـ ك ل} ، حيث هـ > ك > ل مثل {١٢٣} أو {١٣٥}. وتمر المحاور البلورية بالزوايا الناتجة من تلاقي ثماني الأوجه ، وكل وجه في هذا الشكل عبارة عن مثلث غير متساوي الأضلاع.

مجموعات الأشكال Combinations of forms

في كثير من الأحوال توجد الأشكال البسيطة سالفة لاذكر مجتمعة مع بعضها البعض على البلورة الواحدة ، فقد يجتمع شكلان أو ثلاثة أو أربعة أو أكثر من ذلك على البلورة الواحدة ، ونتيجة لهذا التجمع قد يختلف شكل الوجه في المجموعة عنه إذا كان منفردا ، ومن أمثلة مجموعات الأشكال في هذا النظام مايلي:

- ثماني الأوجه والإثنا عشر وجها معينا.
- ثماني الأوجه والمكعب.
- مكعب ورباعي السداسي الأوجه.
- ثماني الأوجه والإثناء عشر وجها معينا والمكعب .
- الإثنا عشر وجها معينا والأربعة وعشرون وجها منحرفا .
- الإثناء عشر وجها معينا وثلاثي الثماني الأوجة .

أمثة من المعادن:

ماجنتيت Fe_3O_4 (Magnetite) ، فرانكلينيت Fe_2O_4 (Franklinite) ، جالينا PbS (Galena) ، ، فلوريت CaF_2 (Flourite) ، هاليت $NaCl$ (Halite) ، جارنت $Fe_3Al_2Si_4O_2$ (Garnet) ، يورانينيت UO_2 (Uraninite) ، النحـاس (Cu) ، أرجنتيت AfS_2 (Argentite) ، أنالسـيت Analcite $NaAlSi_2O$)) ، لوسيو $KAlSi_2O_2$ (Leucite). ويلاحظ بصفة عامة أن شكل المكعب يغلب تواجده على بلورات الهاليت والفلوريت بينما يغلب شكل ثماني الأ،جه على بلورات الماجنتيت والفرانكلينيت. أما شكل الإثنى عشر وجها معينا فيغلب تواجده على بلورات الجارنت ، بينما يغلب وجود شكل الأربعة وعشرون وجها منحرفا على بلورات اللوسيت والأنالسيت والجارنت.

مميزات البلورات المكعبية:

تتميز البلورات المكعبية غير المشوعة بتساوي أبعادها في اتجاهات ثلاثة متعامدة على بعضها البعض ، وهذه الاتجاهات الثلاثة هي المحاور البلورية. وكذلك تتميز البلورات المكعبية جميعها بوجود أربعة محاور ثلاثية التماثل. وتظهر البلورات بعدد كبير من الأوجه المتشابهة إذ أن اقل عدد من الأوجه يتبع شكلا واحدا هو ستة في نظام سداسي الثماني الأوجه. وكل شكل بلوري يمكن أن يكون بلورة بمفرده ، أي أنه عبارة عن شكل مقفول.

فصيلة السداسي: Hexagonal System

المحاور البلورية:

تشمل هذه الفصيلة جميع البلورات التي لها أربعة محاور بلورية ، ثلاثة منها متساوية في الطول وتقع في مستوى فقي وتتقاطع بزوايا قدرها ١٢٠ جرجة ، أما المحور الرابع فمختلف عنها في الطول (إما أن يكون أطول أو أقصر) ، ويمتد رأسيا (أي متعامدا على المحاور الأفقية) ، ويرمز إلى المحاور الأفقية بالرموز أ١ ، أ٢ ، أ٣ ، أما المحور الرأسي فهو المحور ج .

ولما كانت فصيلة الثلاثي لها نفس العدد من المحاور البلورية ، فإن بعض المؤلفين يضم البلورات الثلاثية والاسداسية في فصيلة واحدة هي فصيلة الاسداسي ، ولكن نظرا للفارق الأساسي في البناء الذري ، وهو أن المحور الأساسي للتماثل هو سداسي في بلورات السدسي وثلاثي في بلورات الثلاثي ، وأن بلورات الثلاثي لا تحتوي على مستوى تماثل أفقي بالمرة ، فإننا نجد أنه من الأكثر صوابا أن ندرس البلورات السداسية كفصيلة بذاتها ، مستقلة عن فصيلة الثلاثي التي تشمل البلورات الثلاثية.

وتعرف نسبة طول الوحدات على المحور ج إلى أ بالنسبة المحورية ج:أ ، وهي مميزة لكل بلورة سداسية . فمثلاة بلورة معدن بيرل لها نسبة محورية ج:أ = ٠,٩٩٦ ، أما في معدن بيروتيت فنجد أن النسبة المحورية ج:أ = ١,٦٥٠. وتمسك البلورة السداسية بحيث يكون المحور الرأسي ج دائما محورا سداسي التماثل (دوراني أو انقلابي). ويمتد المحور أ٢ موازيا لماسك البلورة من اليمين (+) إلى اليسار (−). أما المحور أ١ ، فيمتد من الأمام ناحية اليسار (+) إلى الخلف ناحية اليمين (−). أما الطرف الموجب من المحور أ٣ فيقع في الخلف إلى اليسار بينما طرفه السالب يقع في الأمام إلى اليمين.

النظم البلورية في فصيلة السداسي :

النظام	قانون التماثل الكامل	مثال من المعدن
الهرم المنعكس السداسي المزدوج	/6م 2 /6م ن	بيريل Be3Al2Si6O18
شبه المنحرف الأوجه السداسي	6 2 3 2 3	كوارتز عالي الحرارة
الهرم المنعكس الثلاثي المزدوج	3 2 6م 3	بنيتويت BatiSi8O9
الهرم السداسي المزدوج	/6م ن	زنكيت ZnO
الهرم المنعكس السداسي	3	أباتيت
الهرم المنعكس الثلاثي	6	--
الهرم السداسي		نيفيلين

النظـــام العـــددي أو نظـــام الهـــرم المـــنعكس السداســـي المـــزدوج Dihexagonal Bipyramidal Class

التماثل:

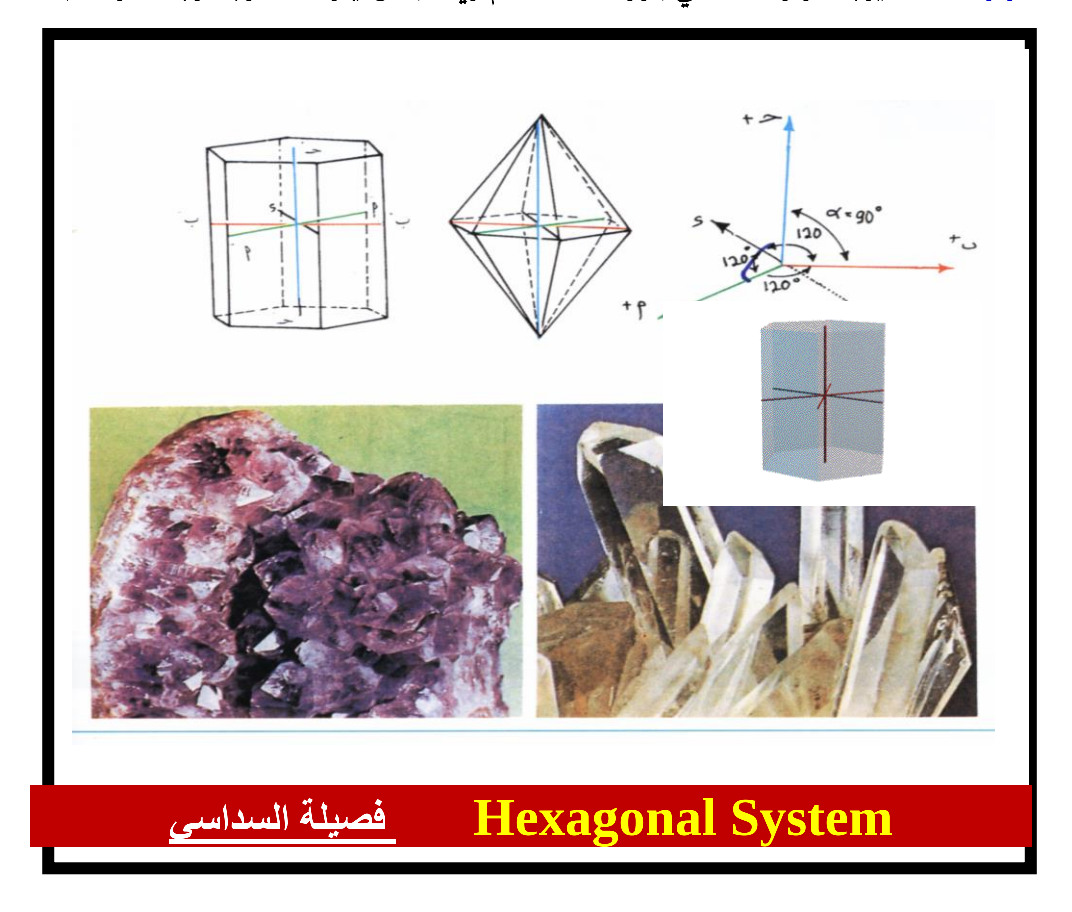
قانون التماثل الكامل: ٦/م ٢ ٣/م ٢ ٣/م ن).

المحاول التماثلية: المحور ج هو محور سداسي التماثل . وتوجد ثلاثة محاور أفقية ثنائية التماثل تنطبق على المحاور البلورية أ. وكذلك توجد ثلاثة محاور أخرى ثنائية التماثل تنصف الزوايا بين المحاور البلورية أ١ ، أ٢ ، أ٣ .

المستويات التماثلية: يوجد في هذا النظام سبعة مستويات تماثلية بياتها كالآتي:

مستوى تماثل أفقي يشمل المحاور البلورية ثلاثة مستويات تماثلية رأسية يشمل كل منها المحور الرأسي ج وأحد المحاور البلورية الأفقية. ثلاثة مستويات تماثلية رأسية تنصف الزوايا بين المستويات الرأسية السابقة (المستويات التماثلية المحورية).

مركز التماثل: يوجد مركز تماثل في بلورات هذا النظام ويتطلب أن يكون لكل وجه وجه آخر مقابل له.



الأشكال البلورية:

ملاحظة: سوف نستعمل كلمة مزدوج di ، مثل سداسي dihexagonal ، لوصف الأشكال التي تتكر أوجهها اثنين اثنين حول المحور التماثلي ، أما الأشكال التي تتكرر أوجهها بالنسبة للمستوى التماثلي فسوف نصفها بكلمة منعكس bi ، مثل هرم منعكس bipyramid ، نسبة إلى الانعكاس خلال مستوى التماثل الأفقي.

الأهرامات المنعكسة bipyramids ، وهي عبارة عن أشكال مقفولة تقطع أوجهها المحور ج بصفة أساسية وبعض أو كل المحاور الأفقية. توجد ثلاثة أنواع من الأهرامات المنعكسة السداسية.

هرم منعكس سداسي من الرتبة الأول (أو هرم منعكس وتري ، يتكون هذا الشكل من ١٢ وجها لها الأحداثيات (أ: ∞ أ : أ: م ج). أو بمعنى آخر تقطع محورين متجاورين أ (تصل بينهما مثل الوتر) ، وتمتد موازية للمحور الأفقي الثالث وتقطع المحور الرأسي ج فإذا كان التقاطع على المحور ج مساويا لطول الوحدة فإن الدليل يكون في هذه الحالة {١٠١١} ، وهذا هو هرم الوحدة Unit pyramid. أما الدليل العام لهذا الشكل فهو {هـ هـ ل}.

هرم منعكس سداسي من الرتبة الثانية ، ويختلف هذا الشكل عن الهرم المنعكس السداسي من الرتبة الأولى في أنه عندما تمسك البلورة في القراءة الصحيحة (المحور أ٢ دائما موازي لماسك البلورة) ، فإنه يوجد في مواجهتك حرف وليس وجه بلوري ، وهذا يعني أن المحاور البلورية الأفقية عمودية منصفة للأحرف الأفقية (ويسمى لهذا السبب بالهرم المنعكس المتعامد) ، ونجد أن كل وجه بلوري في هذا الشكل يقطع أحد المحاور البلورية الأفقية في مسافة الوحدة ويقطع المحورين الآخرين على مسافتين أطول ، ولكن متساويتين ، وتكون الأحداثيات إذن (ن أ: ن أ : أ : م ج) والدليل هو {هـ هـ ٢ هـ ل} ، ويتكون هذا الشكل من ١٢ وجها في هيئة مثلثات متساوية الساقين تقفل الفراغ.

هرم منعكس سداسي مزدوج تقطع أوجه هذا الشكل المحاور الأفقية الثلاثة أ١ ، أ٢ ، أ٣ في مسافات غير متساوية ، وتكون الأحداثيات إذن هي (ن أ: ط أ: أ : م ج) ، والدليل هو (هـ ك و ل). ويتكون هذا الشكل من ٢٤ وجها ، كل وجه منها في الحالة النموذجية يكون في هيئة مثلث غير متساوي الأضلاع ، ولكن المثلثات كلها متشابهة. في أحداثيات هذا لاشكل نجد أن ط = ن/١ – ن.

المنشورات Prisms ، وهذه عبارة عن أشكال مفتوحة يوازي الوجه فيها المحور ج ويقطع بعض أو كل المحاور الأفقية أ١ ، أ٢ ، أ٣. وهناك ثلاثة أنواع من المنشورات تقابل الأنواع الثلاثة من الأهرامات سالفة لاذكر.

منشور سداسي من الرتبة الأولى (منشور سداسي ولري) يمكن الحصول على أوجه هذا الشكل من أوجه الهرم المنعكس الذي له نفس الرتبة (الأولى في هذه الحالة) إذا جعلنا التقاطعات على المحور ج تأخذ

أكبر قيمة لها ، أي قيمة مالانهاية. وينتج عن ذلك أن تختزل أوجه الهرم المنعكس الاثنتا عشر إلى ستة أ،جه فقط ، يقطع كل وجه منها محورين أفقيين في مسافة تساوي الوحدة ويمتد موازيا للمحور الأفقي الثالث ، ، يوزاي المحور ج ، (المنشور بحكم تعريفه يوازي المحور ج). ويكون هذا المنشور شكلا مفتوحا وفيه تصل المحاور الأفقية أ بين منتصف الحروف المتقابلة ، وينتج عن ذلك أن يكون في مواجهة ماسك البلورة وجها بلوريا. الأحداثيات (أ: ∞ أ: أ : ∞ ج) ، والدليل {١٠١ ٠}.

منشور سداسي من الرتبة الثانية (منشور سداسي متعامد) نجد في هذا الشكل البلوري أن المحاور البلورية الأفقية أ٢ ، أ٢ ، أ٣ تصل بين مراكز الأوجه المتقابلة ، ويكون في مواجهة ماسك البلورة نتيجة لذلك حرفا. الأحداثيات هي (٢أ: ٢أ: ١: ∞ ج) والدليل هو { ٢١١ ٠}. يتكون هذا الشكل من ستة أوجه لا تقفل الفراغ (شكل مفتوح).

منشور سداسي مزدوج شكل مفتوح ، ويتكون من ١٢ وجها يتساوى كل وجهين متبادلين فيه (أي واحد بعد واحد) في الزوايا والحروف. الأحداثيات (ن أ: ط أ: أ : ∞ ج) ، والدليل هو {هـ ك و} ، ويقابل هذا الشكل الهرم المنعكس السداسي المزدوج.

المسطوح القاعدي: وهو عبارة عن شكل مفتوح مكون من وجهين ، كل وجه يقطع المحور ج ويوزاي المحاور الأفقية أ. والأحداثيات (∞ أ : ∞ أ: ∞ أ: ج) والدليل هو {١٠٠٠}.

مجموعات الأشكال:

توجد على بعض البلورات مجموعة من الأشكال البلورية المختلفة فمثلا في بلورة بيريل **Beryl** ، توجد مجموعة من هرم منعكس سداسي من الرتبة الأولى وآخر من الرتبة الثانية ، ومنشور سداسي من الرتبة الأولى وآخر من الرتبة الثانية ، ومسطوح قادعدي.

أمثلة من المعادن: يتبلون معدن بيريل **Beryl** ($Be_3Al_2Si_6O_{16}$) في هذا النظام الكامل التماثل. كذلك يتبلور في هذا النظام معادن مولبدينيت **Molybdenite** (MoS_2) ، بيروتيت **Pyrobotite** (FeS).

مميزات البلورات السداسية:

تتميز جميع البلورات السداسية غير المشوهة في النظام كامل التماثل وفي معظم النظم الأقل تماثلا بالمظهر السداسي حيث يكون المحور الرأسي محورا دورانيا سداسي التماثل. ولكن في نظامين فقط قد تبدو البلورات ثلاثية المظهر حيث يكون المحور الرأسي محورا انقلابيا سداسي التماثل ، وفي هذين النظامين يكون هناك دائما مستوى تماثل أفقي يعكس (أو يكرر) الأشكال البلورية العليا إلى أشكال بلورية سفى (في النصف الأسفل للبلورة) [المعروف أن المحور الانقلابي السداسي يعادل محور دوراني ثلاثي متعامد على مستوى تماثل]. كما تتميز البلروات بأن أوجه الأشكال البلورية (باستثناء المسطوح القاعدي) ، تتكون عموما من ستة أوجه أو مضاعفات العدد ستة.

فصيلة الرباعي: Tetragonal System

المحاور البلورية:

تشمل هذه الفصيلة جميع البلورات التي لها ثلاثة محاور بلورية متعامدة ، إثنان منها متساويان في الطول ويقعان في مستوى أفقي والثالث مختلف عنها في الطول (إما أقصر أو أطول) وعمودي عليهما. ويرمز إلى المحورين المتساويين بالمرز أ١ ، أ ٢ ، أما المحور الرأسي فيرمز إليه بالرمز ج .

وتعرف نسبة طول الوحدة على المحور ج إلى طول الوحدة على المحور أ بالنسبة المحورية ج:أ ، وهي مميزة لكل بلورة رباعية. فمثلا بلورة معدن كاسيتريت SnO_2 (Vassitetite) ، لها نسبة محورية ج: أ = ٠,٦٧٢ (أي ج أقصر من أ) ، وفي الزركون $ZrSiO_4$ (Zircon) ، ج: أ = ٠,٨٩١ أما في معدن أناتيز TiO_2 (Anatase) ، فنجد أن نسبة ج:أ = ١,٧٧٧ (أي ج أطول من أ). وتمسك البلورة الرباعية بحيث يكون المحور الرأسي ج دائما محور رباعي التماثل (دوراني أو انقلابي).

وتشمل فصيلة الرباعي سبعة نظم بلورية (مثل فصيلة السداسي):

النظام قانون التماثل الكامل مثال من المعادن الهرم المنعكس الرباعي ٤/م ٢/م ٢ ٤/م ن الزركون $ZrSiO_4$ شبه منحرف الأوجه الرباعي ٤ ٢ ٢ ٢ ٢ فوسجينيت $(PbO)_2CCl_2O$ الوتد المنعكس الرباعي ٤ ٢ ٢ ٢ ٢ كالكوبيريت $CuFeS_2$ الهرم الرباعي المزدوج ٤ م ٢ م ٢ ديابوليت $PhCuCl_2(OH)_4$ الهرم المنعكس الرباعي ٤/م ن شيليت $CaWo_4$ الوتد الرباعي ٤ كاهنيت الهرم الرباعي ٤ ولفينيت $PbMoO_4$

النظام العادي أو نظام الهرم المنعكس الرباعي المزدوج

التماثل:

قانون التماثل الكامل: ٤/م ٢ ٢ /م ٢ ٢ /م ن أو ٤/م ٢ ٤ /م ن .

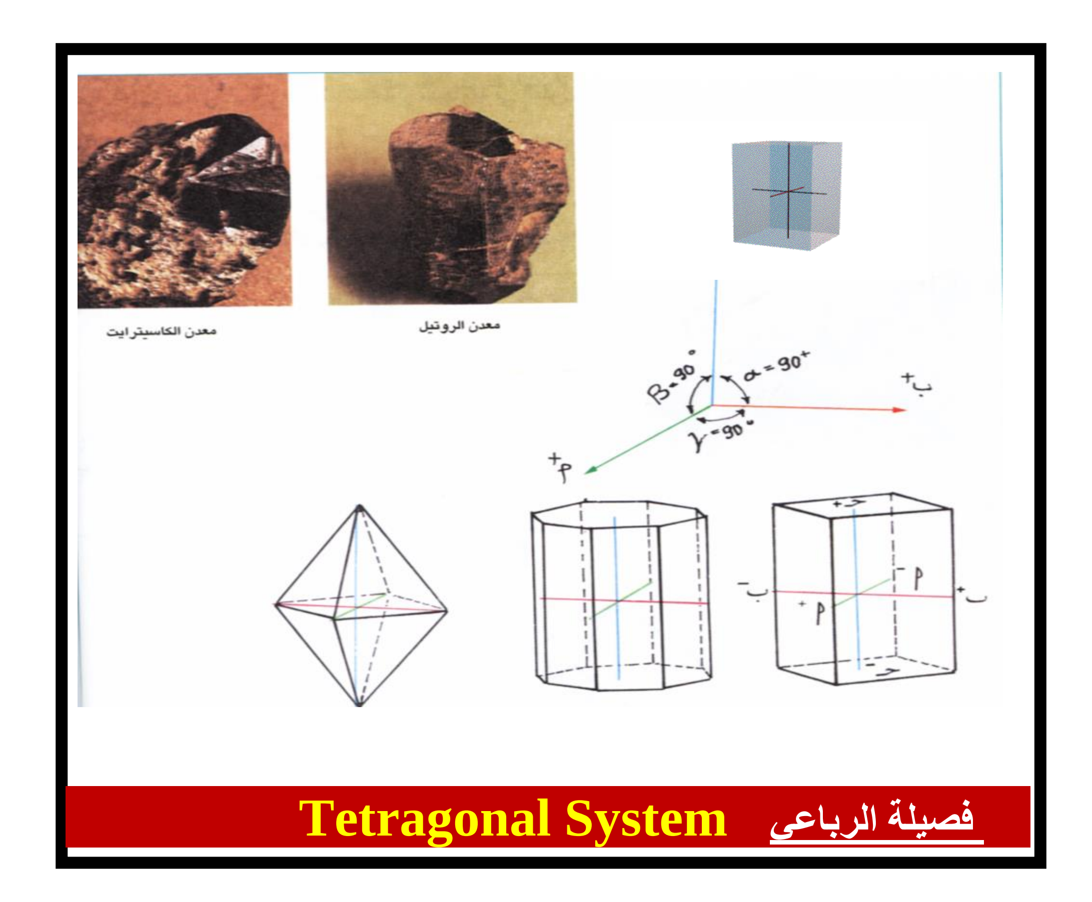
المحاور التماثلية:

يوجد محور واحد رباعي التماثل منطبق على المحور البلوري ج ، وأربعة محاور ثنائية التماثل ، إثنان منها ينطبقات على المحورين أ١ ، أ٢ ، والإثناء الآخران ينصفان الزوايا بين المحورين أ١ ، أ٢.

المستويات التماثلية:

يوجد مستوى تماثل أفقي يشمل المحاور الأفقية أ١ ، أ٢ (وعمودي على المحور ج) وأربعة مستويات متماثلة رأسية تمر بالمحور ج ، إثنان يشملان المحوران أ١ ، أ٢ (بالإضافة إلى ج) والإثنان الآخران ينصفان الزوايا بين هذه المحورين.

مركز التماثل: لبلورات هذا النظام مركز تماثل.



الأشكال البلورية:

الأهرامات المنعكسة Bipyramids: وهذه عبارة عن أشكال مقفولة تقطع أوجهها المحور ج ، وأحد المحورين الأفقيين أ١ او أ٢ ، أو كليهما. توجد ثلاثة أنواع من الأهرامات المنعكسة الرباعية مثل الثلاثة التي سبق أن ذكرناها في فصيلة السداسي.

هرم منعكس رباعي من الرتبة الأولى (أو عرم منعكس وتري) ويماثل هذا الشكل شكل ثماني الأوجه في فصيلة المكعب ، ولكن نظرا لأن المحور ج يخالف في الطول المحورين الأفقيين أ ، فإن التقاطعات النسبية تكون أ: أ: ج والتي تدل على أن وجه هذا الشكل يقطع المحاور البلورية الثلاثة في مسافات الوحدة. ويكون هذا الشكل إذن هو شكل الوحدة. ولما كان التقاطع على المحور ج قد يكون أقصر أو أطول من طول الوحدة ، لذلك تكون الأحداثيات أ: أ: م ج ، والدليل {هـ هـ ل} ، حيث م هي قيمة عددية بين الصفر وما لا نهاية. يكون هذا النظام شكلا مقفولا من ثمانية أوجه ، كل وجه منها في هيئة مثلث متساوي الساقين ، (وليس متساوي الأضلاع مثل ثماني الأوجه).

هرم منعكس رباعي من الرتبة الثانية (أو هرم منعكس متعامد) تقطع أوجه هذا الشكل المحور ج وأحد المحورين أ ، وتمتد موازية للمحور أ الآخر.وعلى ذلك تكون الأحداثيات (أ: ∞ ب: م ج) ، والدليل هو {هـ ، ل} ، يتكون الشكل من ثمانية أوجه تقفل الفراغ بمفردها. (ملاحظة): يلاحظ أنه في حالة الهرم المنعكس الوتري يواجه ماسك البلورة حرف ، في حين يواجه الهرم المنعكس المتعامد ماسك البلورة بوجه).

هرم منعكس رباعي مزدوج تقطع أوجه هذا الشكل المحورين الأفقيين أ١، أ٢ ، في مسافتين مختلفتين ، في حين يكون التقاطع على المحور ج إما مساويا للوحدة أو أكبر من ذلك (م ج) ، الأحداثيات (أ: ن أ: م ج) ، الدليل {هـ ك ل}. يتكون هذا الشكل من ١٦ وجها ، كل منها في هيئة مثلث غير متساوي الأضلاع. توجد ثلاثة أنواع من المنشورات الرباعية مثل الأنواع الثلاثة التي سبق أن ذكرناها في فصيلة السداسي.

منشور رباعي من الرتبة الأولى (منشور رباعي وتري) يتكون هذا الشكل المفتوح من أربعة أوجه موزاية للمحور ج ، ولكنها تقطع كلا من المحورين أ١ ، أ٢ ، الأحداثيات (أ: أ : ∞ ج) ، والدليل {١١٠}. ونجد أن المحورين أ١ ، أ٢ ، يصلان بين منتصف الحروف المقابلة ، وعلى ذلك يكون هناك حرفا مواجها لماسك البلورة عندما يكون المحور أ١ متدا من الأمام إلى الخلف.

منشور رباعي من الرتبة الثانية (منشور رباعي متعامد) يتكون هذا الشكل المفتوح من أربعة أوجه موازية للمحور ج ، وكذلك موازية لأحد المحورين أ١ ، أ٢ ، الأحداثيات (أ: ∞ أ: ∞ج) ، والدليل {١٠٠} ، في هذا الشكل نجد أن المحورين البلورين أ١ ، أ٢ ، يصلان بين منتصف كل وجهين متقابلين.

منشور رباعي مزدوج يتكون هذا الشكل المفتوح من ثمانية أوجه مرتبة في هيئة أربعة أزواج حول محور التماثل الرباعي. الأحداثيات (أ: ن أ: ∞ج) والدليل {هـ ك}.

المسطوح القاعدي ، ويعرف في بعض الأحيانب اسم "قاعدة" ويتكون من وجهين موازيين لمستوى التماثل الأفقي الأحداثيات (∞أ: ∞أ: ج) والدليل {٠٠١}. وهذا الشكل ، مثل المنشورات ، شكل مفتوح لا يوجد بمفردهخ وإنما يكون موجودا مع أشكال أخرى ، مثل المنشورات .

مجموعات الأشكال تظهر مجموعات مختلفة من الأشكال الرباعية على كثير من بلورات المعادن. فمثلا يوجد على بلورة الزركون مجموعة من المنشور الوري {١١٠} ، والهرم المنعكس الوتري {١١١}. وقد تظهر بلورات أخرى من الزركون مجموعة من منشورات الرتبة الأولى والثانية مع الهرم المنعكس من الرتبة الأولى والهرم المنعكس الرباعي المزدوج .

أمثلة من المعادن: زركون ، بروتيل ، كاستيرتيت.

مميزات البلورة الرباعية:

تتميز البلورات الرباعية بوجود محور رباعي التماثل (دوراني أو انقلابي) ، ينطبق دائما مع المحور البلوري الرأسي (ج) ، ويكون طول البلورة في هذا الاتجاه إما أكبر أو أقل من البعدين الآخرين (أ١ ، أ١) . وفي معظم النظم التابعة لهذه الفصيلة البلورية يكون المقطع المستعرض العمودي على المحور الرأسي الرباعي في البلورات كاملة الأوجه غير المشوهة في شكل مربع كامل أو مربع تقطع زواياه القائمة أوجه الأشكال المختلفة.

فصيلة الثلاثي Trigonal System:

المحاور البلورية:

تتميز بلورات هذه الفصيلة بوجود محور ثلاثي التماثل وعدم وجود مستوى تماثل أفقي . وقد سبق أن أشرنا عند بدء الحديث عن فصيلة السداسي إلى العلاقة بين فصيلتي السداسي والثلاثي واشتراكهما في وجود أربعة محاور بلورية في بلوراتها (أ١، أ٢ ، أ٣، ج) ، حيث تتقاطع المحاور أ في زوايا مقدارها ١٢٠ درجة ، أما المحور ج فمتعامد عليها ، ومختلفة عنها في الطول (إما أطول أو أقصر).

ونتيجة لهذه العلاقة فإننا نجد أن بعض الأشكال البلورية السداسية (مثل المنشوريات السداسية من الرتبة الأولى والثانية) توجد في كل من هاتين الفصيلتين.

وتشمل فصيلة الثلاثي خمس نظم بلورية :

النظام قانون التماثل الكامل مثال من المعادن مثلثي الأوجه الثلاثي المزدوج ٣ ٢ ٣/م كالسيت شبه منحرف الأوجه الثلاثي ٣ ٢ ٣ كوارتز منخفض الحرارة الهرم الثلاثي المزدوج ٣ م٣ تورمالين معيني الأوجه ٣ دوالوميت C2Mg(CO3)2 الهرم الثلاثي ٣ جراتونيت.

نظام المثلثات الوجهية الثلاثية المزدوجة Ditrigonal Scalenobedral Class

التماثل:

قانون التماثل الكامل:

٣ ٢ ٣/م ، تتكون عناصر التماثل في هذا لانظام من محور واحد فقط ثلاثي التماثل انقلابي ينطبق على المحور البلوري ج (٣ = ٣ + ن) ، وثلاثة محاور أفقية ثنائية التماثل عمودية على ثلاثة مستويات تماثلية رأسية. وتنطبق المحاور ثنائية التماثل على المحاور البلورية أ١، أ٢ ، أ٣ .

الأشكال البلورية:

توجد الأشكال السداسية التالية في هذا النظام الثلاثي الكامل التماثل:

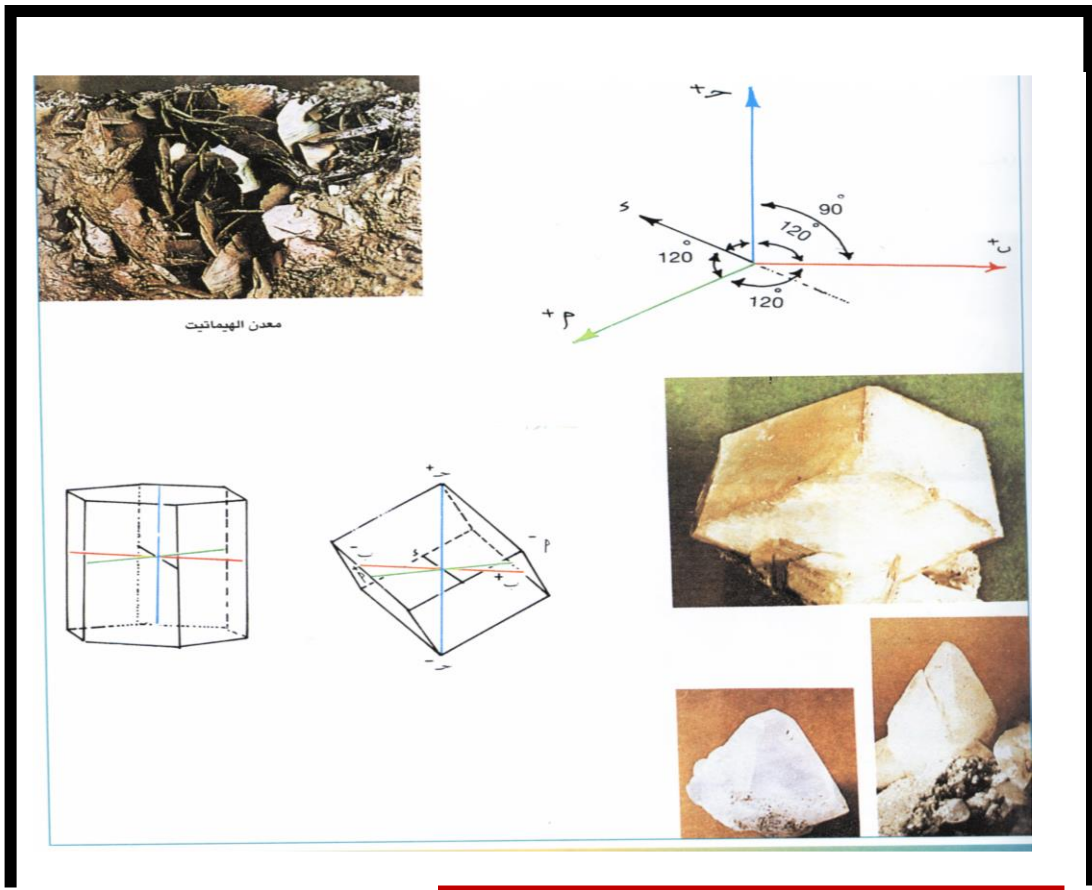
المسطوح القاعدي: {١٠٠٠} ، يتكون من وجهين.

المنشور السداسي من الرتبة الأولى ، {٠١٠١} ، يتكون من ستة أوجه.

المنشور السداسي المزدوج : {هـ ك و ٠} ، يتكون من اثنى عشر وجها.

الهرم المنعكس السداسي من الرتبة الثانية: {هـ هـ ٢ هـ ل} ، يتكون من ١٢ وجها.

والمعروف أن هذه الأشكال سالفة الذكر توجد في فصيلة السداسي أيضا (النظام الكامل التماثل) ، أي أن هذه الأشكال مشتركة بين الفصيلتين ، والسبب في ذلك هو العلاقة البلورية بين الفصيلتين ، واشتراكهما في أربعة محاور بلورية.



فصيلة الثلاثي Trigonal System

أما الشكلان التاليان فلا يوجدان في فصيلة السداسي وإنما تنفرد بهما فصيلة الثلاثي. هذا الشكلان هما معيني الأوجه ، ومثلثي الأوجه الثلاثي المزدوج.

معيني الأوجه: معيني الاوجه شكل مقفول يحده ستة أوجه معينية وفي هذا الشكل نجد أن الاوجه الثلاثة العليا ليست فوق الأوجه الثلاثة السفلى مباشرة ، أي أن هذا الشكل البلوري ليس هرما منعكسا ، ولكنه شكل معيني الأوجه. ويمكن أن ننظر إلى معيني الأوجه على أنه مشتق من الهرم المنعكس السداسي ، وذلك باختيار الأوجه العليا والسفلى المتبادلة (أي وجه علوي ثم الوجه السفلي الذي يليه ثم الوجه العلوي الذي يليه وهكذا) ، ويصل المحور ج بين الزاويتين المتساويتين الثلاثية الأوجه (أي الزوايا التي تتكون نتيجة لتلاقي ثلاثة أوجه) ، وهذا المحور محور انقلابي ثلاثي التماثل ، أما المحاور الأفقية ، أ١ ، أ٢ ، أ٣ ، فإنها تصل بين منتصف الأحرف الوسطى المتقابلة. وعندما نمسك البلورة بحيث يكون المحور ج

عموديا والمحور أ٢ يمتد موازيا لماسك البلورة فإننا نجد في حالة معيني الأوجه الموجب {هـ هـ ل} وجها علويا في حين يواجهنا معين الأوجه السالب {ك ك ل} بحرف في هذا لامكان.

مثلثي الاوجه الثلاثي المزدوج يتكون هذا الشكل من ستة أزواج من الأوجه المثلثية (غير متساوية الأضلاع) (المجموع اذن ١٢ وجها) ، وتقفل هذه الأوجه الفراغ. نلاحظ في هذا الشكل البلوري أن الثلاثة أزواج العليا من الأوجه ليست فوق الثلاثة أزواج السفلى مباشرة ، أي لا يوجد بين الاثنين مستوى تماثل أفقي ، وعلى ذلك فلا يكون هذا الشكل هرما منعكسا ثلاثيا مزدوجا ، ولكن يكون مثلثي الأوجه ثلاثي مزدوج. في هذا الشكل يصل المحور ج بين الزوايا السداسية الأوجه (تتكون من تلاقي ستة أوجه) ، أما المحاور الأفقية أ١ ، أ٢ ، أ٣ ، فإنها تصل بين منتصف الحروف الوسطى المتقابلة .

ننظر إلى مثلثي الأوجه الثلاثي المزدوج على أنه مشتق من الهرم المنعكس السداسي المزدوج (النظام العادي لفصيلة السداسي) ، إذا اخترنا أزواجا متبادلة من الأوجه (زوج علوي ثم يليه زوج سفلي ثم زوج علوي وهكذا) ، ويمكننا اذن أن نحصل على ثملثي أوجه ثلاثي مزدوج موجب وآخر سالب. والمثلثي الموجب يشغل موضعا مقابلا لموضع معين الأوجه الموجب ، أما المثلثي السالب فإن موضعه يقابل موضع معيني الأ،جه السالب. واحداثيات مثلثي الأوجه الثلاثي المزدوج هي ± (ن أ: ط أ: أ: م ج) ، والدليل {هـ ك و ل} مثل {١٣١٢} ، حيث هـ > ك ، {ك هـ و ل} ، حيث ك >هـ.

مجموعات الأشكال:

توجد مجموعات مختلفة من الأشكال البلورية الثلاثية على البلورات الطبيعية .

أمثلة من المعادن:

يتبلور في هذا النظام الثلاثي الكامل التماثل المعادن التالية: كالسيت ، سيديريت ، كوراندوم ، هيماتيت.

مميزات البلورات الثلاثية:

تتيمز البلورات الثلاثية (تعرف أيضا باسم البلورات معينة الأوجه) ، بوجود محور ثلاثي التماثل (دوراني أو انقلابي) ، يطبق دائما مع المحور الرأسي ج ، ويكون طول البلورة في هذا الاتجاه إما أكبر أو أصغر من الأبعاد الأفقية (أ١ ، أ٢ ، أ٣) ، ويأخذ المقطع المستعرض العمودي على المحور الرأسي الثلاثي في البلورات كاملة التماثل غير المشوهة شكلا مثلثي السمة.

فصيلة المعيني القائم: Orthohombic System

المحاور البلورية:

تشمل هذه الفصيلة جميع البلورات التي لها ثلاثة محاور متعامدة وغير متساوية ويمتد المحور ج راسيا ، بينما يمتد المحور ب من اليمين إلى اليسار ، أما المحور أ ، فإنه يتجه من الأمام إلى الخلف ، ولا يوجد محور أساسي في هذه الفصيلة ، بمعنى أن أي محور يمكن أن يختار ليكون المحور ج. وعادة نختار ج أطول من ب ، ب أطول من أ. وتتكون النسبة المحورية إذن من قيم ثلاث. فمثلا في بلورة الكبريت أ: ب: ج = ٠,٨١٣ :١ :٠,٩٠٣ ، أما في معدن سلستيت ، فنجد أن النسبة أ: ب: ج = ٠,٩ :١ :١,٢٨٠.

وتشمل هذه الفصيلة ثلاث نظم :

النظام قانون التماثل الكامل مثال من المعادن الهرم المنعكس المعيني القائم ٢ ٣/م ن باريت Barite $BaSO_4$ الوتد المعيني القائم ٢ ٣ ابسوميت $MgSO_47H_2O$ الهرم المعيني القائم ٢ م م هيميمورفيت $Zo_4(OH)_2Si_2O_7H_2O$.

نظام الهرم المنعكس المعيني القائم Orthorhombic Bipyramidal system

التماثل:

قانون التماثل: ٢/م ٢/م ٢/م ن ، أو ٢ ٣/م ن .

المحاور التماثلية: يوجد ثلاث مستويات تماثلية ، إثنان منها رأسيان والثالث أفقي ، ويشمل كل منها محورين بلوريين .

مركز التماثل: موجود أيضا في بلورات هذا النظام.

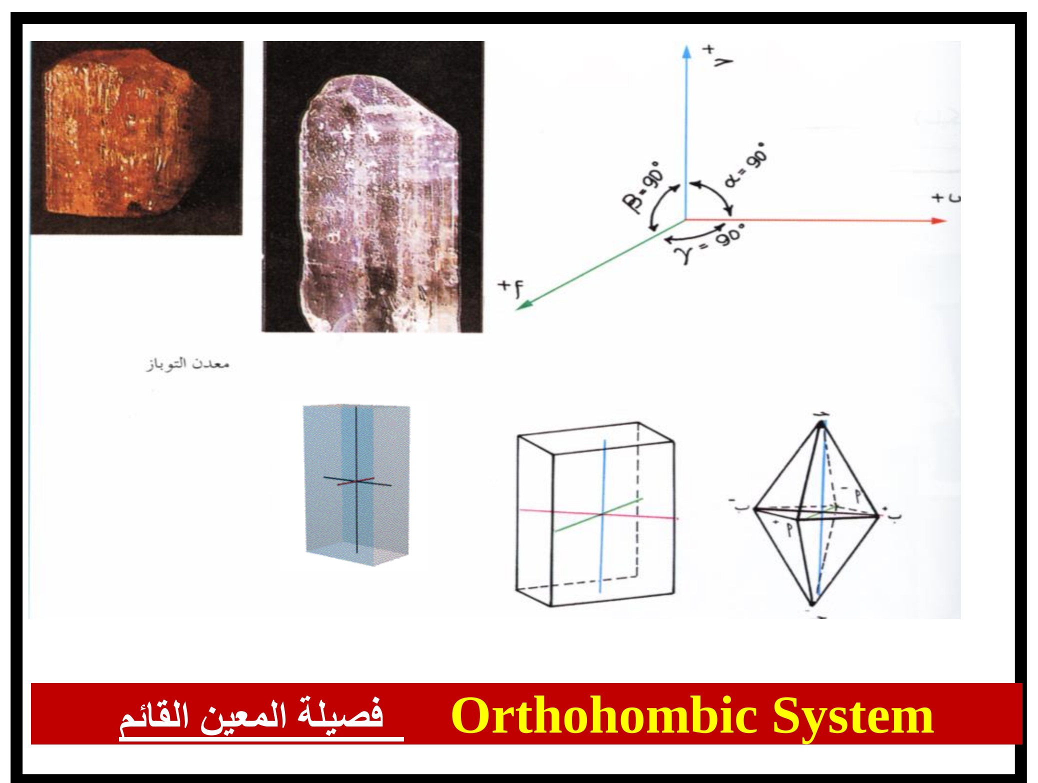
الأشكال البلورية:

هرم منعكس معيني قائم يتكون هذا الهرم المنعكس من ثمانية أوجه مثلثية الشكل (المثلث غير متساوي الأضلاع) ، ومتشابهة ، وتقفل الفراغ. هرم الوحدة له الاحداثيات (أ: ب: ج) ، والدليل {١١١} ، أما الأهرامات الأخرى فلها – بصفة عامة – الاحداثيات (ن أ: ب : م ج) ، والدليل {هـ ك ل} ، حيث ك> هـ ، أو لها الأحداثيات (أ ن ب : م ج) ،والدليل {ك هـ ل} ، حيث هـ > ك ، (ن >١ ، ٠ > م> ∞).

المنشور شكل مفتوح مكون من أربعة أوجه قاطعة للمحورين أ ، ب ، ولكنها تمتد موازية للمحور ج . دليل منشور الوحدة هو {٠١١} ، أما الأشكال الأخرى من المنشور فلها الدليل {هـ ك ٠} ، مثل {٠١٢} ، {٠٢٣} الخ.

المسقوف شكل مفتوح يشبه السقف المكون من سطحين في هيئة رقم ٨ ، يقابلها سطحين آخرين بالعكس ، أي في هيئة سبعة (٧) ، وتقطع أوجه المسقوف أحد المحورين الأفقيين والمحور الرأسي ج. يسمى المسقوف الذي يوازي المحور أ (يقطع ب ، ج) باسم الأحداثيات العامة (∞ أ: ب: م ج} ، والدليل {٠ك ل} ، مثل {١١٠} ، {١٢٠} ، ويتكون من أربعة أوجه. أما المسقوف الذي تمتد أوجهه موازية للمحور ب ، فيعرف باسم مسقوف ب أو مسقوف أمامي { الأحداثيات (أ: ∞ب: م ج) ، والدليل {هـ ، ل} مثل {١٠١} ، {١٠٢} ، ويتكون من أربعة أوجه. يكون كلا الشكلين – المنشور والمسقوف – شكلا مفتوحا ، وعلى ذلك فلا يظهر أحدهما بمفرده ، بلف لابد أن يكون مجموعات مع شكل آخر.

المسطوح وهو شكل مفتوح مكون من وجهين فقط موازيين لبعضها البعض ، ويقطع الوجه أحد المحاور البلورية ويوزاي المحورين الآخرين ، ويعرف المسطوح باسم المحور الذي يقطعه ، فإذا قطع المحور ج فإنه يعرف باسم مسطوح ج ، ويعرف باسم مسطوح ب إذا كان يقطع المحور ب ، أو مسطوح أ إذا كان يقطع المحور أ. مسطوح أ أو مسطوح أمامي {٠٠١} ، وجهان.



مجموعات الأشكال:

توجد الأشكال {٠١١} ، {٢٠١} ، {١١٠} ، {١٠٠} ، مجموعة على بلورة معدن باريت ، أما بلورة الأوليفين فيوجد عليها الأشكال {١١١} ، {٠١١} ، {٠٢١} ، {١٠١} ، {١٢٠} ، {٠١٠} ، وفي بلورة الكبريت نشاهد الأشكال {١١١} ، {٣١١} مجموعة.

أمثلة من المعادن:

يتبلور في هذا النظام المعيني القائم الكامل التماثل عدد كبير من المعادن نذكر منها: الكبريت المعيني باريت ($BaSO_4$) ، توباز [Al(F2OH)2 AlSiO4] ، أوليفين [(Mg2Fe)2 SiO2] .

مميزات البلورات المعينية القائمة:

تتميز البلورات المعينية القائمة في النظام كامل التماثل بوجود ثلاثة محاور ثنائية التماثل تنطبق على المحاور البلورية أ ، ب ، ج. ونظرا لأن المحور ج في هذه الفصيلة ليس مميزا تماثليا عن المحورين الأفقيين فقد اتفق علماء البلورات على توجيه البلورة المعينية القائمة بحيث يكون ج> ب >أ ، ولو أنه في الماضي لم يكن هذا الإتفاق موجودا ، وعادة نجد في المراجع السالفة أن أيا من المحاور الثلاثة يتخذ اتجاها للمحور ج ، وأطول الاثنين الآخرين هو المحور ب ، والأقصر هو المحور أ. ويبدو المقطع المستعرض العمودي على المحور الرأسي في البلورات كاملة الأوجه غير المشوهة في شكل ذي سمة مستطيلة أو معينية.

فصيلة الميل الواحد Monoclinic System

المحاور البلورية:

تشمل هذه الفصيلة جميع البلورات التي لها ثلاثة محاور بلورية غير متساوية أ ، ب ، ج ، إثنان منها (أ ، ج) ، يتقاطعان في زاوية مائلة (لا تساوي ٩٠ درجة) ، هي زاوية β. تمسك بلورة هذه الفصيلة بحيث يمتد الحور ب من اليمين إلى اليسار (مازيا لماسك البلورة) ، ويمتد المحور ج رأسيا ، أما المحور أ فيمتد مائلا إلى الأمام في اتجاه ماسك البلورة. وتعرف الزاوية β بيتا المنفرجة بالزاوية الموجبة أما الزاوية β الحادة فتعرف بالزاوية السالبة. وواضح أن الزاويتين الموجبة والسالبة متكاملتان (أي مجموعهما يساوي ١٨٠ درجة) ، ولما كانت الزاوية β تختف من معدن إلى آخر فإن تعيينها يساعد في التعرف على البلورة ، وبالتالي المعدن ، وذلك بالإضافة إلى تعيين النسبة المحورية أ: ب:ج ، وتعرف هذه العناصر (الزاوية β والنسبة المحورية) باسم عناصر التبلور ، فمثلا عناصر التبلور لمعدن الجيبس (CaSO4 2H2o) ، يعبر عنها هكذا أ: ب: ج = ٠,٦٩٠: ١: ٠,٤١٢ ، لآ = ٨٠,٤٢ درجة.

ويلاحظ أن المحور ب_أفقي) هو المحور الأساسي في هذه الفصيلة ، وهو الذي يختار أولا عند توجيه البلورة والمحور ب قد يكون محورا ثنائي التماثل أو متعامدة على مستوى التماثل.

وتشمل هذه الفصيلة ثلاثة نظم :

النظام قانون التماثل الكامل أمثلة من المعادن منشور الميل الواحد ٢/م ن أرثوكليز KALS3O8 مسقوف الميل الواحد ٢ (=م) كلينوهيدريت H2CaZnSiO5 وتد الميل الواحد ٢ ناترولييت Na2(Al2Si3O10)H2o .

نظام المنشور المائل Monocline Prismatic Class

التماثل

قانون التماثل الكامل: ٢/م ن يوجد في هذا النظام محور واحد ثنائي التماثل ينطبق على المحور ب. وهذا المحور عمودي على مستوى تماثل (يشمل هذا المستوى المحورين أ ، ج) ، ويوجد بالإضافة إلى ذلك مركز التماثل.

الأشكال البلورية:

نصف الهرم المنعكس :

نتيجة لوجود مستوى تماثل ومحور ثنائي التماثل فقط ، فإننا نجد أن الشكل البلوري الذي تقطع أوجهه المحاور البلورية في مسافات الوحدة ، أي ذو الأحداثيات أ: ب: ج يتكون من أربعة أوجه فقط. فالأوجه الأربعة التي تقفل الزاوية بيتا الموجبة (β+) [المنفرجة تكون نصف هرم الوحدة المنعكس الموجب ، أما الأوجه التي تقفل الزاوية بيتا السالبة (β−) فإنها تكون نصف هرم الوحدة المنعكس السالب. ووواضح أن أوجه كل من الشكلين الموجب والسالب مختلفة ، فتلك الموجودة في الزاوية الموجبة أكبر. الدليل {١١١} للموجب ، {١١١¯} للسالب. هذا بالنسبة لشكلي الوحدة (تقطع أوجههما المحاور البلورية في مسافات الوحدة) ، أما نصف الأهرامات المنعكسة التي تقطع المحاور البلورية في مسافات مختلفة عن الوحدة فإ،ها الادلة العام ، {هـ هـ ل} ، {هـ ك ل} ، {هـ ك ل¯} ، {ك هـ ل} ، ك هـ ل¯}.

المنشور :

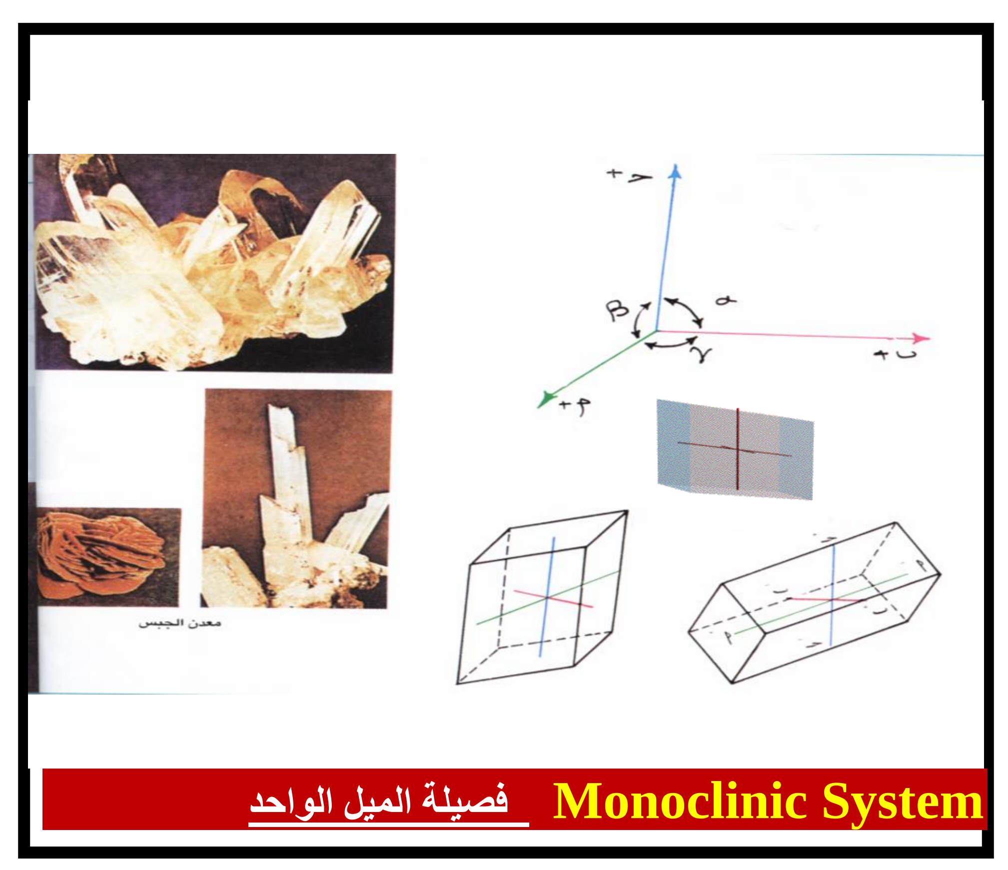
عبارة عن شكل مفتوح مكون من أربعة أوجه كما هو الحال في فصيلة المعين القائمة. منشور الموحدة له الدليل {٠١١} ، أما المنشوريات التي تقطع المحورين أ ، ب على مسافات مختلفة عن الوحدة فلها الدليل العام {هـ ك ٠} حيث هـ > ك ، مثل {٠١٢} ، أو {ك هـ٠} حيث ك > هـ مثل { ٠٢١}.

المسقوف:

المسقوف الجانبي أو مسقوف أ: مكون من أربعة أوجه موزاية لمحور أ ، الأحداثيات (∞أ : ب: م ج} ، الدليل {٠ ك ل}. نصف المسقوف الامامي أو نصف مسقوب ب: بما أن المحور أ مائل من وجهين فقط ، وليس أربعة ، شكل ولذلك يعرف باسم نصف المسقوف ب. والشكل الذي يحصر الزاوية بيت الموجبة (المنفرجة) يعرف بنصف المسقوف ب الموجب ودليله {هـ ل} ، مثل {١٠١} . أما نصف المسقوف ب السالب فهو الذي يحصر الزاوية بيتا السالبة ودليله {هـ ل} ، مثل {١٠١¯}.

المسطوحات توجد ثلاثة أنواع منها ، مثل سابقتها في فصيلة المعيني القائمة ، وهي:

- المسطوح القاعدي أو مسطوح ج ، {١٠٠} : وجهان.
- المسطوح الجانبي أو مسطوح ب ، {٠١٠}: وجهان.
- المسطوح الأمامي أو مسطوح أ ، {٠٠١}: وجهان.



مجموعات الأشكال:

توجد أشكال بلورية كثيرة مجموعة على البلورات الطبيعية التي تمثل هذا النظام .

أمثلة من المعادن:

يتبلور في هذا النظام الكامل التماثل لفصيلة الميل الواحد عدد كبير من المعادن ، من بينها معظم معادن السليكات المكونة للصخور النارية. نذكر منها:

- أرثوكليز (Orthoclase (KALSi8O8 .
- أوجيت (Augite (Ca Al Fe Mg Silicate .
- هورنبلند Hornblende [Ca Al Fe Mg (OH) silicate].
- بيتوتيت Biotite [K Al Fe Mg (OH) Silicate].
- جبس (Gypsum (CaSO4. 2H2O

مميزات بلورات الميل الواحد:

تتميز بلورات الميل الواحد بأن المحور البلوري ب هو المحور الوحيد ثنائي التماثل (متعامد على مستوى تماثلي هذا النظام كامل التماثل) الموجود في هذه البلورات. وفي هذا التوجيه يقع المحوران ج (رأسي) ، أ (مائل نحو ماسك البلورة) في مستوى التماثل الرأسي وهو المستوى الوحيد الموجود في هذه لابلورات. وفي معظم بلورات الميل الواحد يكون المحور ج هو محور استطالة البلورة ، ولكن في حالات قليلة ، مثل الأرثوكليز تستطيل البلورة في إتجاه المحور أ. وبعض المعادن مثل الأبيدوت تستطيل بلوراتها في إتجاه المحور ب. وفي كل بلورات الميل الواحد يلاحظ عموما أن ميل الأوجه البلورية الموازية للمحور يكون ملحظات. وفي حالات نادرة تصل الزاوية بين المحورين أ ، ج مقاربا جدا من ٩٠درجة.

فصيلة الميول الثلاثة: Triclinic System

المحاور البلورية:

تشمل هذه الفصيلة جميع البلورات التي لها ثلاثة محاور غير متساوية وغير متعامدة (أي أنها تتقاطع في زوايا مائلة) ، وتمسك البلورة بحيث يمتد المحور ج رأسيا. ويمتد المحور ب من اليمين إلى اليسار. أما المحور أ فيمتد إلى الأمام تجاه ماسك البلورة.

وتتكون عناصر التبلور من النسبة المحورية أ: ب : ج ، والزوايا الثلاث : ألفا ، بيت ، جاما . فمثلا ، في بلورة رودينيت $MnASiO3$ (Rhodonite) ، نجد أن عناصر التبلور هي ، أ: ب: ج = ١,٠٧٣: ١: ٠,٦١٣ ، $\alpha = 10.8.18$ ، $\beta = 108.44$ ، $\delta = 81.39$.

وتشمل فصيلة الميول الثلاثة نظامين بلوريين:

النظام قانون التماثل الكامل أمثلة من المعادن مسطوح الميول الثلاثة ١‾ (=ن) ولاستونيت $CaSIO8$ سطح الميول الثلاثة ١ أكسينيت.

نظام مسطوح الميول الثلاثة:

التماثل:

تتكون عناصر التماثل ي هذا النظام من مركز تماثل فقط وعلى ذلك فإن أي شكل بلوري تابع لهذا النظام يتكون من وجهين اثنين فقط ، وجه في ناحية من المركز ووجه آخر مواز له في الناحية المقابلة من المركز.

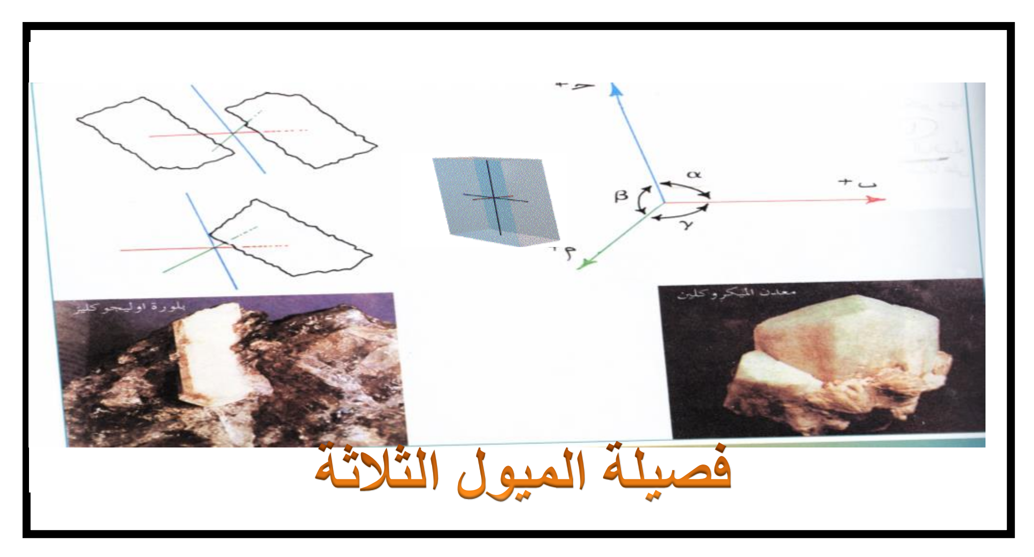
الأشكال البلورية:

ربع الهرم المنعكس: بما أن المستويات التي تمر بالمحاور البلورية تقسم الفراغ البلوري إلى أربعة أزواج من الأقسام غير المتشابهة ، كل قسم عبارة عن ثمن ٨/١ الفراغ ، فإنه ينتج على البلورة إذن أربعة أنواع من الأشكال الهرمية. يتكون كل شكل هرمي من وجهين متقابلين فقط ، أو بمعنى آخر يتكون من ٤/١ عدد أوجه الهرم المنعكس. ولذلك فإن هذا لاشكل (الذي تقطع أوجهه جميع المحاور البلورية) ، يعرف باسم ربع الهرم المنعكس ، فإذا كانت الأوجه تقطع المحاور البلورية في مسافات الوحدة فإن الشكل يعرف بشكل الوحدة ، أما الأشكال الأخرى فإنه تقطع المحاور البلورية في مسافات مختلفة. وفي عبارة أخرى يمكننا أن نقول أن شكل الهرم المنعكس المعيني القائم قد تحول إلى أربعة أشكال هرمية منعكسة نتيجة لميل المحاور البلورية بالنسبة إلى بعضها البعض. وأدلة هذه الأشكال الأربعة هي: {١١١} ويعرف باسم الطوي اليميني ، {١١١¯} العلوي اليساري ، {١١١} السفلي اليمين ، {١¯١١} السفلي اليساري.ويتوقف الاسم في كل من هذه الحالات الأربعة على مكان الفراغ الأمامي (والثمن ٨/١) ، الذي يقفله وجه الشكل.

نصف المنشور : من الواضح الآن أن المنشورات في هذا لانظام الذي لا يحتوي سوى مركز تماثل فقط تتكون من وجهين اثنين فقط لكل منها ، ولذلك فإنها تعرف باسم نصف منشورات ، ويمكن تمييز نصف منشور يميني {٠١١} ، ونصف منشور يساري {٠١١¯}. وهذه الأشكال مفتوحة.

نصف المسقوف: تتكون المسقوفات الآن من وجهين فقط. وعليه فإننا نتحدث عن نصف المسقوف أ اليمين {١١٠} ، واليساري {١١٠¯} ، شكل (١٢٤) ، ونصف المسقوف ب العلوي {١٠١} ، والسفلي {١٠١¯} ، شكل (١٢٥) ، والتي تشاهد مجتمعة مع المسطوح الأمامي والمسطوح الجان يبفي الشكلين على التواتلي.

المسطوحات : المسطوح الأمامي أو مسطوح أ {٠٠١} ، وجهان ، المسطوح الجانبي أو مسطوح ب {٠١٠} ، وجهان ، المسطوح القاعدي أو مسطوح ج {١٠٠} ، وجهان.



فصيلة الميول الثلاثة

المجموعات الشكلية:

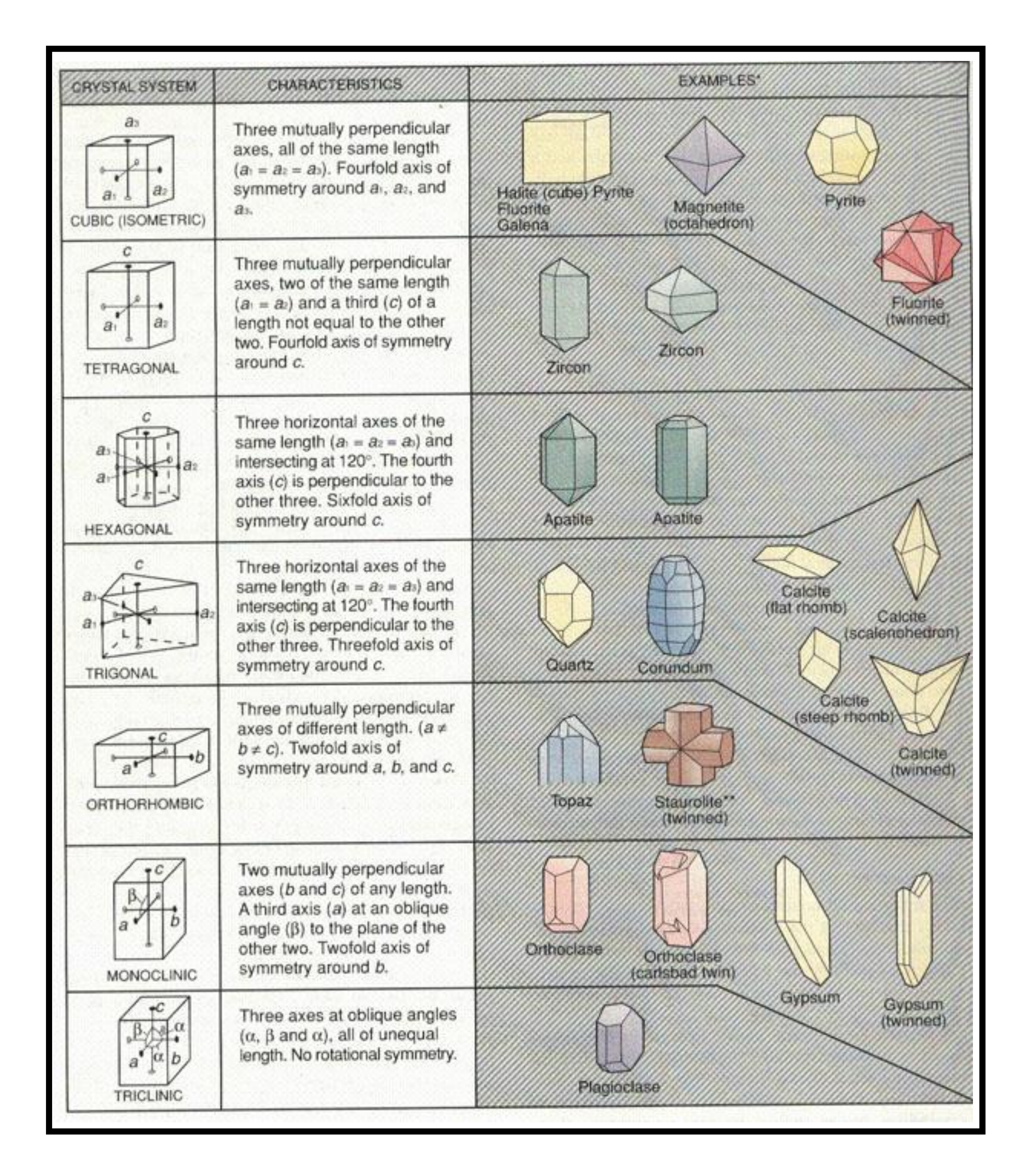
يوجد عدة أِشكال بلورية مختلفة مجموعة على البلورات الطبيعية.

أمثلة من المعادن:

يتبلور في هذا النظام معاد البلاجيزكليز وهي من المعادن الأساسية في تكوين الصخور النارية ،ومن أمثلتها ألبيت $NaAlASi_8O_8$ (Albite) ، أنورثيت $CaAl_2Si_2O_8$ (Anorthite) ، كذلك تتبلور في هذا النظام معادن رودونتي ولاستونيت.

مميزات بلورات الميول الثلاثة:

تتميز بلورات الميول الثلاثة بأنها لاتحتوي أيا من المحاور التماثلية أو المستويات التماثلية. وباستثناء معادن الفلسبارات البلاجيوكليزية فإن قلة من المعادن تتبلور في فصيلة الميول الثلاثة ، وعادة ما تكون بلوراتها غير واضحة وغير كاملة الأوجه. أسماء وتوزيع وعلاقة الأشكال البلورية .



CRYSTAL SYSTEM	CHARACTERISTICS	EXAMPLES*
CUBIC (ISOMETRIC)	Three mutually perpendicular axes, all of the same length ($a_1 = a_2 = a_3$). Fourfold axis of symmetry around a_1, a_2, and a_3.	Halite (cube) Pyrite Fluorite Galena; Magnetite (octahedron); Pyrite; Fluorite (twinned)
TETRAGONAL	Three mutually perpendicular axes, two of the same length ($a_1 = a_2$) and a third (c) of a length not equal to the other two. Fourfold axis of symmetry around c.	Zircon; Zircon
HEXAGONAL	Three horizontal axes of the same length ($a_1 = a_2 = a_3$) and intersecting at 120°. The fourth axis (c) is perpendicular to the other three. Sixfold axis of symmetry around c.	Apatite; Apatite
TRIGONAL	Three horizontal axes of the same length ($a_1 = a_2 = a_3$) and intersecting at 120°. The fourth axis (c) is perpendicular to the other three. Threefold axis of symmetry around c.	Quartz; Corundum; Calcite (flat rhomb); Calcite (scalenohedron); Calcite (steep rhomb); Calcite (twinned)
ORTHORHOMBIC	Three mutually perpendicular axes of different length. ($a \neq b \neq c$). Twofold axis of symmetry around a, b, and c.	Topaz; Staurolite** (twinned)
MONOCLINIC	Two mutually perpendicular axes (b and c) of any length. A third axis (a) at an oblique angle (β) to the plane of the other two. Twofold axis of symmetry around b.	Orthoclase; Orthoclase (carlsbad twin); Gypsum; Gypsum (twinned)
TRICLINIC	Three axes at oblique angles (α, β and α), all of unequal length. No rotational symmetry.	Plagioclase

النظام البلوري System	شبكات بسيطة Primitive (p)	شبكات ممركزة القاعدتين Base-centred (C)	شبكات ممركزة الجسم Body-centred (I)	شبكات ممركزة الوجوه Face-centred (F)	أمثلة فلزية
ثلاثي الميل Triclinic $a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^{\circ}$					أكسنيت Axinite $CuSO_4 . 5H_2O$
الوحيد الميل Monoclinic $a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^{\circ} \neq \beta$					امفيبول Amphibale Na_2Co_3
المعيني القائم Orthorhombic $a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^{\circ}$					أوليفين Olivine Barytes $AgNo_3$
الثلاثي Trigonal Rhombohedral $a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^{\circ}$					كالسيت Calcite As
الرباعي Tetragonal $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^{\circ}$					زركون Zircon KH_3PO_4
السداسي Hexagonal $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^{\circ}$ $\gamma = 120^{\circ}$					اباتيت Apatite كوارتز Quartz Zn
المكعبي Cubic $a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^{\circ}$					غارنت Garnet ماغنتيت Magnetite

شبكات برافية

هيئة البلورة: Crystal Habit

سبق أن ذكرنا أن المعدن يتميز بشكل بلوري ثابت ، وعلى هذا يختلف معدن عن آخر في الزوايا بين الوجهية ، وكذلك في تماثل الأشكال البلورية ، أي في نظام توزيع الأوجه على البلورة حسب عناصر التماثل المميزة في البلورة. وتعتبر هذه الاختلافات (في الزوايا والتماثل) أساسية في التمييز بين بلورة وأخرى ، كما أنها تمثل الفوارق الهامة بين الفصائل البلورية السبعة التي ذكرناها. أما الاختلافات الأخرى التي تظهر على البلورات فليست من الأهمية بمكان مثل هذه الاختلافات الجهورية . ونعني بالاختلافات الأخرى اختلاف حجم البلورات والاختلاف في التكوين النسبي للأوجه البلورية ، وعددها ، وكذلك نوع هذه الأوجه ، أو الأشكال البلورية الموجودة على البلورة ، وقد سبق أن عرفنا التكوين المختلف لأوجه الشكل البلورية الواحد باسم التشوه أو اختلاف الأوجه البلورية . وتوصف البلورة في هذه الحالة بأنها مشوهة أو مختلفة الأوجه. ويجب ألا ننسى أن مثل هذا التشوه لا يؤثر على الزوايا بين الوجهية ، لأ، هذه الزوايا ثابتة مادام ميل الأوجه البلورية ثابت ولا يهم بعد ذلك إذا كبر الوجه أو صغر.

وقد لوحظ أن بلورات المادة الواحدة تختلف عن بعضها البعض في حجم الأوجه ونسبة تكوينها ، وكذلك في عدد ونوع الأوجه والأشكال الموجودة على البلورات. ومن المشاهدات العامة أنه إذا نمت البلورة (كلورات الصوديوم مثلا) في محلول ، أثناء عملية التبلور داخل كأس مثلا ، وكان نموها على القاه ، فإنها لا تجد حرية في النمو إلى أسفل حيث تصطدم في قاع الكأس ، ولا يوجد محلول تنمو منه ولكنها تنمو إلى الجانبين وإلى أعلى بحرية. وتنتج لنا في هذه الحالة بلورة مسطحة أو مبططة ، أما إذا علقت هذه البلورة في المحلول فإنها تنمو بالتساوي في جميع الاتجاهات وتأخذ شكلا مكعبا. ويعرف الشكل الذي تظهره البلورة للعين باسم هيئة البلورة . ولا تتوقف هيئة البلورة على طبيعة المادة المكونة لها فحسب ، ولكنها تتوقف أيضا على الظروف التي أحاطت بالبلورة أثناء نموها. ومن ذلك يمكننا ان نقول أن هيئة البلورة تصف التكوين النسبي للأوجه أو الأشكال البلورية وكذلك عددها ونوعها. ويجب ألا يغيب عن ذهننا أبدا أن مثل هذا التغيير في هيئة البلورة يحدث دون أن يتبعه أي تغيير – حتى ولو كان طفيفا – في الزوايا بين الوجهية.

ويمكن وصف الهيئة البلورية للمعادن إما بالنسبة للشكل الظاهري وما يشابه ، كأن تكون ابرية أو عمدانية أو مسطحة .. الخ ، أوبالنسبة للشكل البلوري الغالب في تكوين البلورة مثل هرمية أو منشورية أو مسطوحية .. الخ .

ونذكر فيما يلي الألفاظ الشائعة في وصف هيئة البلورة:

- متساوية أو متساوية الأبعاد : وذلك عندما تكون جميع الأوجه البلورية متساوية في الحجم تقريبا ، مثل الجرنت.
- مسطحة أو نضدية : وذلك عندما يكون هناك زوج من الأوجه أكبر بكثير من الأوجه الأخرى وتبدو البلورة ، في هذه الحالة "مبططة".

- صفائحية ، أو حتى ورقية : وذلك عندما يصل "التبطيط" ، إلى درجة كبيرة فتصبح البلورة في سمك الورقة.
- عمدانية : وذلك عندما نجد على البلورة ثلاثة أوجه أو أكثر موازية لاتجاه مشترك فيما بينها – قد أصبحت أكبر بكثير من أية أوجه أخرى ، أو بمعنى آخر عندما نجد البلورة طويلة ، أي أن النمو البلوري كان غالبا في اتجاه واحد ، مثل تورمالين.
- ابرية أو ألياقية : وذلك عندما تبلغ استطالة البلورة نهايتها (وتشبه الإبرة) ، مثل بعض أنواع هونبلند أو الألياف ، مثل أسبتوس). وإننا نجد أن بلورات أي فصيلة من الفصائل البلورية يمكن أن يكون لها آية هيئة من الهيئات المذكورة أعلاه ، أي قد تكون متساوية أو مسطحة أو صفائحية أو عمدانية أو ابرية ، ولكننا نلاحظ أن البلوريات المكعبية تكون غالليا ذات هيئة متساوية.

وتوصف هيئة البلورة أيضا بالنسبة إلى الأشكال البلورية التي توجد أوجهها كبيرة ظاهرة على البلورة ، وغالبا على بقية أوجه الأشكال الأخرى. فمثلا ، قد تكون البلورات المكعبة مكعبة الهيئة أو ثمانية الأوجه أو اثنى عشر وجها معينا. وبلورات الرباعي قد تكون هرمية الهيئة أو منشورية أو مسطوحية. أما في فصيلتي السداسي والثلاثي فقد تكون البلورات هرمية أو منشورية أو مسطوحية أو معينية الأوجه أو مثلثية الأوجه مزدوجة. وفي بلورات المعيني القائمة والميل الواحد والميول الثلاثة قد تكون الهيئة البلورية هرمية أو منشورية أو مسقوفية أو مسطوحية. وعندما تنتهي البلورة المنشورية بأوجه بلورية من ناحية واحدة فقط فإنها توصف بأنها ذات طرف واحد أن أما اذا انتهت البلورة المنشورية بأوجه بلورية من الناحيتين فإنها توصف بأنها ذات طرفين.

مجموعات البلورات: Groups of Crystals

توجد بعض المعادن في الطبيعة في هيئة بلورات مفردة أو وحيدة ، ولكن الغالبية العظمة من المعادن توجد بلوراتها مجتمعة في هيئة مجموعات ، قد تكون منظمة في ترتيبها أو غير منظمة. ومن دراستنا السابقة يمكن تعريف البلورة بأنها جسم عديد الأوجه ، فيه الزوايا بين الوجهية أقل من ١٨٠ درجة فإذا وجدنا على المادة المتبلورة زاوية داخلة ، أي زواية تكونها أوجه بلورية متجهة إلى الداخل ، فإن هذا يعتبر دليلا على وجود أكثر من بلورة واحدة مشتركة في هذه المادة المتبلورة. أي أن هذه المادة المتبلورة تتكون من مجموعة من البلورات ، وليست بلورة واحدة.

وتصنف مجموعات البلورات إلى قسمين حسب التركيب الكيميائي لأفرادها، فإذا كانت تتكون من بلورات ذات تركيب كيميائي واحد فإنها تعرف باسم مجموعة متجانسة ، أما إذا كانت مكونة من بلورات مختلفة التركيب الكيميائي (وبالتالي مختلفة المعادن) ، فإنها تعرف باسم مجموعة غير متجانسة.

مجموعاة متجانسة: (جميع بلوراتها مكونة من مادة واحدة):

تضم ثلاث أقسام حسب ترتيب البلورات والعلاقة الهندسية بينها ، وهي:

١- مجموعات البلورات المتوازية. وذلك عندما تكون البلورات موازية لبعضها البعض.

٢- بلورات توأمية أو توأم ، وذلك عندما تكون البلورات موازية جزئيا لبعضها البعض (أي بعض المحاور البلورية متوازية والبعض الآخر غير متوازي).

٣- مجموعات البلورات غير المنتظمة وهذه ينقصها توازي أفرادها.

مجموعات غير متجانسة (بلوراتها مكونة من مواد مختلفة):

١- مجموعات البلورات النطاقية ، هذه تتوازى أفرادها.

٢- مجموعات البلورات المنتظمة ، عندما تتوازى الأفراد جزئيا.

٣- مجموعات البلورات غير المنتظمة ، وهذه ينقصها توازي أفرادها.

المجموعات البلورية المتجانسة:

(١) مجموعات البلورات المتوازية: تتكون مثل هذه المجموعات عادة من عدة بلورات بدلا من بلورتين اثنتين فقط. وفيها تجد أن البلورات توازي بعضها البعض ، ومن أمثلتها مجموعات البلورات المتوازية لمعدن الكوارتز، والكالسيت. وكذلك توجد هذه المجموعات المتوازية من البلورات كنشوءات صغيرة على أوجه بعض البلورات ، وتعرف باسم أوجه ذات نتوءات ، كما يوجد في بلورات معدن فلوريت .

(٢) البلورات التوأمية أو التوائم: يطلق اسم توأم أو بلورات توأمية على بلورتي المادة الواحدة اللتين تكونان مجموعة وتظهران متوازيتين توازيا جزئيا. ويحتفظ كل جزء من التوأم باتجاهات محاوره البلورية الخاصة ، ولكن يرتبط كل من هذه الاتجاهين بلوريا باتجاه الآخر. وهذا الارتباط يمكن فهمه بسهولة إذا نحن تصورنا أن أحد جزئي التوأم قد دار زاوية مقدارها ١٨٠ درجة حول محور أو اتجاه ما لينطبق اتجاه هذا الجزء من اتجاه الجزء الآخر ، ونلاحظ أن هذا المحور أو الاتجاه يظل مشتركا بين جزئي التوأم (هذا المحور عمودي على الوجه (٠٠١) في حالة البلورة ، ويعرف مثل هذا الاتجاه باسم المحور التوأمي . وعادة يكون هذا المحور التوأمي عبارة عن محور بلوري أو عمودي على أحد الأوجه البلورية. وعملية الدوران حول المحور التوأمي هي عملية تخيلية بحتة ، إذ يجب ألا يغيب عن ذهننا أن البلورة المركبة قد نمت على هذه الحالة التوأمية وتحدد فيها اتجاه كل من الجزأين منذ بدء العبداية. ونلاحظ أن هناك زوايا داخلة ، تميز هذه

التوائم. أما البلورة المفردة فإنها تظهر زوايا خارجة (تطل إلى الخارج) فقط. وقد يرتبط اتجاه كل من جزئي التوأم بواسطة مستوى ينعكس خلاله أحد الجزئين لينتج الجزء الآخر (مثل مستوى التماثل) ، ويعرف هذا المستوى باسم المستوى التوأمي . أما مستوى التركيب فهو المستوى الذي يبدو فهي جزئي التوأم ملتصقان ، وهو ينطبق على المستوى التوأمي ولكن ليس هذا دائما. وتعرف التوأم دائما بواسطة قانون يذكر فيه ما إذا كان هناك محور توأمي أو مستوى توأمي ، وكذلك الاتجاه البلوري لهذا المحور أو ذاك المستوى.

<u>وهناك صفات مختلفة للتوائم</u> ، فمثلا إذا كانت بلورات التوأم ملتصقة بواسطة مستوى التركيب الذي يبدو سطحا مستويا فإن التوأم تعرف في هذه الحالة باسم توأم ملتصقة. أما إذا كان سطح الإلتصاق سطحا غير مستو ، أي تبدو بلورات التوأم متداخلة فإن التوأم في هذه الحالة تعرف باسم توأم متداخلة ، مثل توأم معدن فلوريت . والتوأم إذا تكون مفردة أو مضاعفة ، فالتوأم المفردة هي التي تتكون من جزئين اثنين فقط ، وهو يمثل توأم معدن الجبس ، أما التوائم المضاعفة فهي التي تتكون من أكثر من جزئين. والتوأم المضاعفة إما أن تكون عديدة التركيب ، توأم معدن البيت ، وذلك عندما تكون مستويات التركيب بين أفرادها متوازية. وإما أن تكون مستويات التركيب بين أفرادها ماثلة في هيئة دائرية ، توأم معدن أراجونيت – ذلك عندما تكون مستويات التركيب ستورليت ، ويمثل توأم في شكل "الركبة" لمعدن كاسيتريت ($SnO2$).

<u>(٣) مجموعات البلورات المتجانسة غير المنتظمة:</u> وهذه كثيرة الانتشار في الطبيعة حيث تبدو البلورات في المجموعة غير منتظمة ، مثل بلورات الكوارتز التي تتواجد في العروق ، وقد تكون البلورات منظمة إلى حد قليل حتى لتبدو المجموعة في هيئة وردة صغيرة ، أو كرة صغيرة. وبجانب تواجد مثل المجموعات البلورية المتجانسة غير المنظمة في العروق فإنها توجد أيضا في اللوزات التي توجد مالئة للقاقيع في الصخور البركانية.

<u>(ب) مجموعات البلورات غير المتجانسة:</u>

<u>(١) مجموعات البلورات النطاقية:</u> في هذه المجموعات تنمو بلورات المعادن المختلفة في تركيبها الكيميائي موازية لبعضها البعض ، وفي المادة تحيط البلورات بعضها ببعض أثناء النمو ، حتى أنها لتبدو في القطاع المستعرض كنطاقات أو أحزمة حول بعضها. وهناك شرطا أساسي يجب توافره بين المعادن المختلفة لتكوين المجوعات المتوازية (البلورات النطاقية) وهو أنه لابد أن تكون بلورات هذه المعادن متشابهة في أطوال محاورها البلورية ، وفي الزوايا بين الوجهية ، أي لابد أن تكون بلورات هذه المعادن أو المواد الكيميائية متشابهة البناء (لها نفس الترتيب الذري). فمثلا إذا علقنا بلورة من الشبة الكرومية (كبريتات الكروميوم والألومنيوم المائية) ذات اللون الاخضر الداكن في محلول مركز من الشبة البوتاسية (كبريتات البوتاسيوم والألومنيوم المائية) ذات اللون الشفاف ، فإننا نشاهد البلورة الخضراء وقد أحيطت ببلورة شفافة من الشبة البوتاسية.

وقد يوجد أكثر من نطاقين في البلورة النطاثية . وفي جميع الحالات تتشابه المواد المختلفة الداخلة في تكوين البلورات النطاقية في بنائها الذري وشكلها البلوري الخارجي ، مثل هذه البلورات النطاقية كثيرة الظهور في الطبيع. ومنتشرة بين المعادن المختلفة ذات خاصية التبلور المتادخل (أي تكوين بلورات متاجنسة تحتوي على عناصر كثيرة ناتجة عن مقدرة بعض العناصر أن تحل مكان جزء أو كل من عناصر أخرى). ولا يحدث التبلور المتداخل إلا بين المواد المتشابهة البناء والمتشابعة الشكل ، ومن أمثلتها معادن البجيوكليز (إحلال الصوديوم محل الكالسيوم أو العكس) ، ومعادن البيروكسين (سليكات حديد ومغنسيوم وكالسيوم وألومنيوم وصوديوم .. الخ) ، ومعادن الأمفيبول والتورمالين.

(٢) مجموعات البلورات المنتظمة: وفي هذه المجموعات نجد توازيا جزئيا بين اتجاهات البلورات المختلفة ، بمعنى أن بعض المحاور البلورية متوازي والبعض الآخر غير متوازي. فمثلا قد توجد بلورات من معدن الروتيل محاطة ببلورة معدن ميكا بحيث يكون اتجاه المحور ج في الروتيل موازي لاتجاه المحاور الأفقية في الميكا.

(٣) مجموعات البلورات غير المنتظمة: وهذه المجموعات تضم بلورات معادن مختلفة وذات اتجاهات مختلفة أيضا. وهذا النوع أكثر الأنواع انتشارا وشيوعا بين مجموعات البلورات المختلفة ، فهو الذي يوجد مكونا لكثيرمن الصخور.

مجموعات المعادن المتبلورة: Crystalline aggregates

توجد كتل المعادن في الطبيعة في هيئة مجموعات لوحدات (حبيبات) لها بناء ذري منتظم ولكن ينقصها الأوجه البلورية ، وعلى ذلك فإن هذه الكتل هي مجموعات معدنية متبلورة ، وتأخذ هذه المجموعات في الطبيعة أشكالات مختلفة (ولو أن الحبيبات المكونة ليس لها أي شكل بلوري خارجي). ومن أمثلة هذه الأشكال ما يأتي:

١- أليافية ، ابرية ، عمدانية : عندما تكون حبيبات المعدن مجموعة في هيئة ألياف (اسبستوس) أو ابر (جبس) أو أعمدة (تورمالين).

٢- صفائحية : عندما تكون حبيبات المعدن مجموعة في هيئة صفائح.

٣- ميكائية: بلورات المعدن مرصوصة في هيئة ألواح رقيقة جدا ، مثل معادن الميكا.

٤- كروية: مجموعات حبيبات المعدن في شكل كرات صغيرة.

٥- بطروخية: عندما تكون كتلة المعدن مكونة من حبيبات مستديرة صغيرة تشبه البطارخ (بيض السمك) ، مثل بعض أنواع الهيماتيت.

٦- باسلاتئية: عندما تكون في هيئة حبيبات البسلة.

٧ - حبيبية: عندما تكون حبيبات المعدن في شكل حبيبات مستديرة كبيرة كانت أو صغيرة.

٨- نتوئية: عندما يغطي سطح المعدن ببلورات دقيقة بارزة أو ناتئة عليه.

٩- عنقودية: مجموعة مكونة من كرات صغيرة ملتصقة ببعضها البعض وتشبه عنقود العنب ، مثل بعض أنواع الكالسيدوني

10 -(Si O2)- كلوية: كتل مستديرة من المعدن ملتصقة ببعضها البعض ، كل واحدة منها تشبه الكلية ، مثل بعض أنواع الهيماتيت.

١١- شجرية: عندما تصبح المجموعة في شكل شجرة متفرعة ، مثل بعض أنواع البيرولوسيت (MnO2).

12- مجمية أو شعاعية: عندما تكون الوحدات المعدنية المكونة للمجموعة في هيئة أشعة دائرية ، مثل وفيلليت

13 .[Al8(OH)8(PO4)2.5H2O]- نصلية: مجموعة من وحدات مبططة في شكل نصل السكين ، مثل كيانيت

14 .(Al2SiO5)- استلاكيتية: كتل في هيئة مخروط أو اسطوانة ، مثل بعض أنواع الكالسيت.

١٥- كتلية: المادة المكونة للمعدن في هذه الحالة مضغوطة أو مكبوسة في هيئة كتلة ليس لها شكل معين.

١٦- درنية: عندما تتجمع حبيبات المعدن بالترسيب حول نواة لتكون كتل كروية الشكل تقريبا.

١٧- نرجيلات: عندما تبطن حبيبات المعدن إحدى الفجوات الكروية تقريبا من الداخل ، فإنه يطلق على هذه الكرة المفرغة من الداخل اسم نرجيلة. وغالبا المعدن مصفوفا في صفوف نتيجة لتعاقب ترسيبها.

١٨- لوزية: كتلة في شكل اللوزة ، كما في معادن الزيوليت عندما تملأ حبيباتها الفجوات اللوزية الشكل (الناتجة من هروب الغازات والأبخرة) في الطفوح البركانية.

١٩- عدسية: عندما تكون المجموعة في هيئة عدسة.

٢٠- خيطية: عندما تتكون المجموعة من أسلاك رفيعة ، عادة ماتكون منحنية أو منثنية ، مثل الفضة.

٢١- شعرية: عندما تتكون المجموعة من بلورات رفيعة جدا مثل الشعر.

٢٢- معرقية أو شبكية: عندما تتكون المجموعة من ألياف متشابكة في هيئة شبكة ، مثل الفضة.

الفصل الثالث

الخواص الكيميائية للمعادن

Chemical prosperities of Materials

قلنا إن المعدن يتميز بتركيب كيميائي خاص ، فقد يكون عنصرا (قلة) أو مركبا كيميائية (كثرة). وتعتبر معرفة التركيب الكيميائي للمعادن ذات أهمية كبرى في دراستنا لها. إذ تتوقف طبيعة المعدن ، وخواصه المختلفة إلى درجة كبيرة على تركيبه الكيميائي. ويمكن التعرف على كثير من المعادن بسهولة بواسطة خواصها الفيزيائية والكيميائية معا ، ويمكن تعيين العناصر الأساسية في تركيب المعدن بسرعة بواسطة طرق لهب البوري أو أنبوب النفخ ، وهذه الطرق لا تستلزم جميع الأجهزة والكيماويات الموجودة في معمل كيميائي ، ولكن تتكون أهم أجهزتها من أجهزة بسيطة.

التحليل الكيميائي بلهب البوري: Analysis by the Blowpipe

يهدف التحليل الكيميائي بلهب البوري إلى التعرف على بعض أو كل العناصر الداخلة في تركيب المعدن عن طريق عمليات كيميائية جافة. يساعد هذا التحليل في تحقيق المعدن – أو على الأقل تحقيق مكوناته الكيميائية الرئيسية – بطريقة سريعة. ولا تحتاج هذه العمليات الكيميائية إلى أجهزة معقدة ، ولكن – في معظمها – أجهزة بسيطة. يمكن توفيرها في المختبر (المعمل) أو الحقل.

١ – مصدر للحرارة : مثل مصباح بنزن أو مصباح كحول أو حتى لهب شمعة ، ويمكن التحكم في حرارة اللهب برفع درجة حرارته ، وذلك عن طريق خلطه بالأكسجين (الهواء) ، عن طريق النفخ أو أنبوب النفخ Blowpipe. ويستعمل لهب البوري إما لإعطاء أكسدة سريعة للمعدن عند النقطة "أ" في الطرف الخارجي للهب ، أو اختزال سريع للمعدن ، وذلك بوضعه عند النقطة "ب" في الجزء الداخلي من اللهب. ويمكن سحب طرف البوري قليلا من اللهب إلى الخارج لإعطاء لهب مختزل. ويستلزم الأمر عادة شيئا من الخبرة للحصول على لهب مستمر وقوي بالنفخ. وتصل درجة حرارة البوري إلى ما يقرب من ١٥٠٠ درجة مئوية.

٢ – حامل لمسحوق المعدن : وقد يكون مكعبا من الفحم ، أو مسطحا من الجبس ، أو ملقاطا طرفيه مكسوتين بالبلاتين ، أو سلك بلاتين بيد من زجاج ، أو أنبوبة زجاجية رفيعة مفتوحة الطرفين "الأنبوب المفتوح"، أو مفتوحة من طرف واحد فقط ."الأنبوب المقفول" ويمثل مجموعة الأجهزة المستخدمة في طرق التحليل الكيميائية باستعمال لهب البوري.

٣- بضع مواد كيميائية: بعضها صلب والبعض الآخر محاليل. والغرض من استخدام هذه المواد الكيميائية يمكن تلخيصه فيما يلي:

أ- المساعدة في صهر المعدن عند تسخينة : أي أنها مواد مصهرة مثل البوراكس (بورات الصوديوم المائية) ، والملح الميكروكوري (فوسفات الصوديوم والأمونيوم الإيدروجينية المائية) ، وكربونات الصوديوم.

ب- بعض الأحماض المعدنية مثل حامض الهيدروكلوريك وحامض النيتريك وحامض الكبريتيك : للكشف عن الشق الحامضي ، وكذلك محاليل من مولبدات الأمونيوم وكلوريد الباريوم وايدروكسيد الكالسيوم ونترات الكوبالت وفوق أكسيد الأيدروجين ، بعض المواد الصلبة مثل حبيبات القصدير ومسحوق المغنسيوم اللازمة لإجراء بعض التجارب الكيميائية التحليلية البسيطة التي تحقق وجود بعض العناصر.

وفيما يلي بيان بالإختبارات والتحاليل الكيميائية بلهب البوري التي سنصفها بإيجاز:

١- ألوان اللهب الناتجة بالتسخين على سلك بلاتين:

تنتج هذه الألوان ، عند تسخين مسحوق المعدن ، إما بمفرده أو مبللا بحامض الهيدروكلوريك ، أو حامض النيتريك أو حامض الكبريتيك ، على طرف سلك البلاتين ، حيث تلون الجزء الخارجي من اللهب. وفي حالة المعادن التي لا تتحلل بسهولة (مثل معادن السليكات) يحتاج الأمر إلى صهر المعدن المطحون جيدا مع حجم مساو له من الجبس أو الفلوريت أو بيكبريتات البوتاسيوم على سلك البلاتين.

لون اللهب المادة (العنصر المسبب للون) ملاحظات أحمر طوبي كالسيوم Ca باستعمال مرشح ضوء أخضر لا يظهر أي لون. أحمر قرمزي استرونشيوم Sr باستعمال مرشح ضوء أخضر يبدو اللون أصفر باهتا. تعطي محاليل الاسترونشيوم راسبا أبيض إذا أضيف إليها حامض الكبريتيك (فرق بينها وبين الليثيوم) أحمر قرمزي كثيف ليثيوم Li باستعمال مرشح ضوء أخضر لا يظهر أي لون. أصفر صوديوم Na واضح ومميز. بنفسجي بوتاسيوم K يتأثر اللون بوجود الصوديوم ، وباستعمال مرشح ضوء أزرق يبدو اللون أحمر مائلا إلى الزرقة. أخضر مائل للإصفرار باريوم Ba معادن الباريوم ذات وزن نوعي عالي. أخضر نحاس Cu لون اللهب أخضر زمردي باستعمال حامض النيتريك وأخضر مشوبا بلون أزرق سماوي باستعمال حامض الهيدروكلوريك. ألوان زرقاء غير مميزة رصاص Pb تتكون كرات الرصاص بالاختزال على مكعب الفحم. زرنيخ As تنتشر رائحة الثوم أثناء احتراق المعدن أنتيمون Sb ألوان خضراء زنك Zn فسفور P أيضا موليبدنوم Mo.

٢-١ التسخين على مكعب الفحم (تكيون الفلز بالاختزال):

الكرة الصغيرة العنصر ملاحظات بيضاء ، (طرية ، غير مطفية عندما تبرد الفضة Ag للتمييز بين الفضة والقصدير ، أذب في حامض النيتريك ثم أضف حامض الهيدروكلوريك للحصول على راسب أبيض من كلوريد الفضة. بيضاء ، (طيرة) ، طفية عندما تبرد ، قابلة للطرق ، لا تترك أثرا على الورق القصدير Sn يحصل على الكريات بصعوبة ، وقد تتأكسد في حامض النيتريك إلى الإيدروكسيد الأبيض رمادية (طرية) ، لامعة في اللهب المختزل سهلة الإنصهار ، تترك

أثرا على الورق الرصاص pb للتمييز بين الرصاص والقدصير أذب في حامض النيتريك ثم أضف حامض الكبريتيك لتحصل على راسب أبيض من كبريتات الرصاص. صفراء (طرية) ، تبقى لامعة قابلة للطرق الذهب Au يسهل الحصول على الكريات من التيلوريديات. حمراء (طيرة اسفنجية) ، سوداء عندما تبرد النحاس Cu يجب تحميص معادن النحاس المحتوية على الكبريت أو الزرونيخ أو الأ،تيمون قبل اختبارها على مكعب الفحم. كريات ضعيفة المغناطيسية كوبالت Co نيكل Ni اختبارخرزة البوركس أزرق عميق. اختبار خرزة البوركس بني مائل. كريات قوية المغناطيسية حديد Fe اختبار خرزة البوركس صفراء ساخنة وعديمة اللون باردة في اللهب المؤكسد.

٣ – التسخين على مكعب الفحم (تكوين الأكسيد والمواد المتسامية): بالقرب من المعدن المؤكسد وهي ساخنة الحافة الخارجية للمادة المتسامية المادة ملاحظات أبيض نقي مائل للإحمرار أبيض أكسيد السيلينيوم (أحمر) سيلينيوم (أبيض) تلون المادة المتسامية اللهب المختزل باللون الأزرق أبيض كثيف رمايد إلى بني أكسيد الثلوريوم (أبيض) تلروريوم (رمادي) تلون المادة المتسامية اللهب المختزل باللون الأخضر الباهت أبيض كثيف أشهب إلى بني أكسيد أنتيمون تتكون بكثرة بالقرب من المعدن المتأكسد (أقل تساميا من أكسيد الزرنيخ) أبيض أبيض إلى أشهب أكسيد الزرنيخ تتكونب بكثرا بعيدا عن المعدن المتأكسد (له رائحة الثوم) أبيض أبيض إلى أزرق كلوريدات النحاس والرصاص والزئبق والأمونيون والقلويات أصفر خفيف جدا (أبيض في البارد) أبيض خفيف جدا أكسيد القصدير المادة المتسامية يصبح لونها أخضر يميل إلى الزرقة إذا بللت بنترات الكوبالت ثم سخنت بشدة لون النحاس الأحمر أبيض أكاسيد الموليديوم تتحول المادة إلى لون أزرق إذا سخنت في اللهب المختزل أصفر قاتم أبيض يميل للزرقة أكسيد الرصاص تتكون مادة متسامية خضراء مائلة للصفرة إذا سخنت مع بوديد البوتاسيوم أصفر كناري (أبيض في البارد) أبض خفيف جدا أكسيد الزنك تصبح المادة المتسامية خضراء إذا بللتب نترات الكوبالت وسخنت بشدة أحمر إلى أحمر فاتح فضة مختلطة مع رصاص وأنتيمون تتحول الفضة بالتسخين الشديد لفترة طويلة إلى مادة متسامية لونهاب ني خفيف

٤- إختبارات التسخين على مسطح الجبسي (مواد اليوديد المتسامية):

في بعض الأحيان سكون لليوديدات مظهر مختلف تماما عن ذلك الذي تأخذه الأكاسيد. وللحصول على اليوديد المتسامي فإنه يلزم طحن المعدن طحنا جيدا ثم يبلل بحامض الهيدروأيوديك (HI) ، أو يخلط بمادة صاهرة مكونة من جزئين بالتساوي من يوديد البوتاسيوم (KI) ، وبيكبريتات البوتاسيوم ($KHSO_4$). ثم يسخن المخلط على مسطح الجبس (يمكن استعمال مكعب الفحم كحامل لها). حيث تتكاثف طبقات رقيقة من اليوديد المتسامي ذي الألوان العديدة على الأجزاء الباردة من السطح .

(٥) إختبارات التسخين في الأنبوبة المفتوح Open tube tests:

تستعمل في هذه التجربة أنبوبة زجاجية قطرها الداخلي حوالي نصف سنتيمتر وطولها حوالي ١٢ سم. ويجب أن تكون هذه الأنبوبة منثنية قليلا بالقرب من أحد طرفيا ، لحمل مسحوق المعدن على هذه الثنية. وتستعمل مثل هذه الأنبوبة المفتوحة الطرفين في إختبارات الأكسدة التي تطرأ على المعدن عند تسخينه وتسامي بعض الأكاسيد الناتجة وتكثفها على جدران الأنبوبة الداخلية بعيدا عن المعدن المطحون. وتمسك الأنبوبة مائلة أكبر ميل بقدر الإمكان ويسخن الجزء العلوي فوق المعدن ثم السفلي بواسطة لهب البنزن فيسخن الهواء وكذلك المعدن وتعمل الأنبوبة كمدخنة يمر بها تيار مستمر من الهواء الذي يؤكسد المعدن المطحون وتتحول بعض مكوناته إلى أكاسيد غازية أو طيارة يخرج بعضها من طرف الأنبوبة ويتكثف البعض الآخر قرب هذا الطرف عند الجزء البارد من الأنبوبة. وبدراسة خواص لون المادة المتسامية المرتسبة يمكن معرفة العناصر المكونة للمعدن.

(٦) إختبارات التسخين في الأنبوبة المقفولة Closed tube tests:

تستعمل في هذه الإختبارات أنبوبة زجاجية مقفولة من أحد طرفيها ، طولها حوالي ٨ سنتيمرات ، وقطرها الداخلي حوالي ٣ ملليمترات ، شكل ، والغرض من إستعمال هذه الأنبوبة هو إختبار خواص المواد الناتجة من تسخين المعدن في جو مختزل (بعيدا عن الأكسجين) ، وغالبا ما يحدث أن يتفتت المعدن إلى قطع صغيرة أو أن ينصهر المعدن. ولاجراء هذا الاختبار نضع المعدن المسحوق عند الطرف المقفول للأنبوبة ونسخنه في لهب البنزن.

٧- إختبارات الخرزة Bead tests:

تكون أكاسيد كثير من الفلزات مركبات معقدة ذات ألوان مميزة إذا أذيبت عند درجات الحرارة العالية في البوراكس. أم ملح الفوسوفور ، أو كربونات الصوديوم. وتستعمل خرزة فلوريد الصوديوم في الكشف عن اليورانيوم ، ونستعمل في هذا الإختبار سلك بلاتين ملفوف في شكل دائرة صغيرة عند نهايته. ويجب تحميص الفلزات غير المؤكسدة وكذا مركبات الكبريت ، والزرنيخ ، والأنتيمون ، قبل إجراء إختبارات الخرزة عليها ، وذلك حتى تزال جميع المكونات الطيارة وتتحول المادة المتبقية إلى أكسيد. يسخن طرف سلك البلاتين الملفوف ، ثم يغمص في البوراكس أو ملح الفوسفور أو كربونات الصوديوم حيث تلتصق المادة بالحلقة وتتحول إلى خرزة زجاجية شفافة إذا سخنت في لهب البوري ، وفي حالة ملح الفوسفور يجب التسخين ببطء إذ أن هذه المادة تميل إلى السقوط من لفة السلك نظرا لهروب الماء والأمونيا. فإذا جعلنا الخرزة الساخنة تلمس بعض فتات المعدن المطحون (مؤكسد) ، ثم سخنا الخرزة في اللهب المؤكسد للبوري ، فإن الحرارة المنصهرة سوف تتلون بألوان مميزة تبعا للعنصر الموجود. كما يمكن ملاحظة لون الخرزة في اللهب المختزل في ألوان خرزة البوراكس. ويمكن خلع الخرزة من سلك البلاتين بفك لفة السلك. ومن ثم يمكن الإحتفاظ بهذه

الخرزة أو إجراء تجارب كيميائية عليها. وإذا أريد الكشف عن النيكل في وجود الكوبالت ، أو أي أكسيد آخرن ، مما يؤدي إلى طمس إختبار خرزة البوراكس ، فإننا نلجأ إلى الطريقة التالية: أذب عددا من خرزات البوراكس في حامض النيتريك ، ثم أضفمحلول الأمونيا حتى يصير المحلول قلويا. أضف إلى الراشح بعض سنتيمترات مكعبة من محلول ثاني من ميثيل الجلايوكسيم في الكحول ، يتكون راسب أحمر قرمزي يدل على وجود النيكل وهذا الإختبار حساس جدا.

(٨) إختبارات الكشف عن الشق الحامضي:

تستخدم الاحماض العادية وبعض المواد الصلبة المساعدة في الكشف عن الشق الحامضي في المعادن: كلوريد ، فلوريد ، كبريتيد (بعضها كربونات ، كبريتات ، فوسفات ، سليكات ، (بعضها).

الشق الحامضي الإختبارات كلوريد يتفاعل المعدن المخلوط مع ثاني أكسيد المنجنيز مع حامض الكبريتيك المركز ليعطي غاز الكلور. باستعمال خرزة ملح الصوديوم الفوسفوري (الملح الميكروكوزمي) المشبعة بثاني أكسيد النحاس يعطي مسحوق الكلوريد شعلة من الضوء الأزرق السخي حول الخرزة. فلوريد يتفاعل المعدن مع حامض الكبريتيك المركز ليعطي فقاقيع شحمية من حامض الهيدروكلوريك والتي تؤدي إلى ترسيب غشاء أبيض من السليككا على نقطة من الماء تكون موجودة عند طرف الأنبوبة. كبريتيد (بعضها) تتفاعل بعض الكبريتيدات مع حامض الهيدروكلوريك لتعطي غاز كبيرتيد الأيدروجين. يمكن الكشف عن الكبريتيد أيضا بإختبارات الأنبوبة المقفولة (كبريت متسامي ذو لون برتقالي) ، والأنبوبة المفتوحة ، ومكعب الفحم. كربونات يتفاعل المعدن مع حامض الهيدروكلوريك ليعطي غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يعكر ماء الجير كبريتات سخن المعدن على مكعب الفحم مع كربونات الصوديوم ومسحوق الفحم ، ثم ضع الراسب على عملة فضية وبلل بالماء. يدل تكون بقعة سوداء على وجود شق الكبريتات (أو الكبريتيد). فوسفات عند تسخين المعدن مع المغنسيوم في الأنبوبة المقفولة ، ثم إضافة الماء يتكون الهيدروجين الفوسفوري. يحقق شق الفوسوفور أيضا بتكوين كتلة زرقاء منصهرة عند تسخين المعدن على مكعب الفحم ثم يبلل بنترات الكوبالت ثم يسخن بشدة. سليكات يتحول المعدن إلى كتلة جيلاتينية بالتفاعل مع حامض الهيدروكلوريك.

٩- إختبارات خاصة:

التفرقة بين الكالسيت والأراجونيت: (إختبار ميجن Meigen's test) ، يغلي مسحوق المعدن لمدة تتراوح بين دقيقة وخمس دقائق في محلول نترات الكوبالت ذي تركيز يتروح بين ٥ إلى ١٠ % . يلاحظ أن الكالسيت يبقى أبيض اللون ، بينما يتغير لون الأراجونيت ليصبح بنفسجيا نتيجة لتكوين مركب نترات الكوبالت القاعدية. ويكشف عن التغير في اللون بسهولة إذا غسل المسحوق الذي فصل من المحلول بعد عملية الغليان. ولما كانت كل من كربونات الأسترونشيوم ،وكذلك راسب كربونات المغنسيوم القاعدية ، تعطي نفس التفاعل مثل الأرجوانيت ، كما يعطي الدولوميت نفس التفاعل مثل الكالسيت ، فإن الإختبار يستلزم أولا

التأكد من أن مثل هذا الإختبار يجرى على أحد شكلي كربونات الكالسيوم – حيث أنه بالإضافة إلى ما سبق ذكره ، فإن هذا الإختبار لا يمكن تطبيقه على المساحيق التي تشمل خليطا من الأراجونيت والكالسيت.

التفرقة بين الكالسيت والدولوميت:

(أ)إختبار ليمبرج Lemberg's test : يغلى مسحوق المعدن لمدة تتراوح بين ١٥-٢٠ دقيقة في محلول كلوريد الألومنيوم وخلاصة صبغة الهيماتوكسيلون (يحضر المحلول بأن يغلى لمدة عشرين دقيقة – محلول مكون من ستين جرام من الماء مع مخلوط أربعة جرامات من كلوريد الألومنيوم ، وستة جرامات من خلاصة صبغة الهيماتوكسيلون (صبغة لوج وود) مع استمرار التقليب وإضافة ماء بدلا مما يفقد بالتبخير). يصبغ الكالسيت في هذا الإختابار ويصبح لونه أحمر وريدا ، بينما لا يتغير لون الدولوميت. يعطي الأرجوانيت نفس التفاعل مثل الكالسيت.

(ب) إختبار ماهلر Mahelr's test : يستخدم في هذه الحالة محلول مخفف من نترات النحاس . يعطي مسحوق الكالسيت فورانا شديدا إذا غلي لبضع دقائق في هذا المحلول ، ويعقب هذا الفوران تلون حبيبات الكالسيت بلون أخضر ، أما الدولوميت فلا يحدث له أي تغيير في هذا الإختبار.

إختبار الكاسيتريت: لما كانت معادن الكاسيتريت تتراوح في لونها بين ظلال مختلفةمن الأصفر والبني والأسود فإن ظهور إختلاف في مظهرها يمكن إستخدامه لتحقيق هذه المعادن والكشف عنها. ويتم ذلك بأن نضع بضع كسرات من الكاسيتريت في أنبوب إختبار فوق حبيبات من فلز الزنك ، ثم نضيف إلى المخلوط حامض الهيدروكلوريك ، وفي هذه الحالة سوف يختزل الأيدروجين المتولد حديثا أكسيد القصدير SnO2 ، وبعد بضع دقايق يصبح الكاسيتريت مغطى بغشاوة رقيقة من فلز القصدير ذي البريق الفلزي واللون الأشهب.

١٠- ملخص الكشف عن الفلزات في المعادن: (تبعا للترتيب الأبجدي للفلزات):

ألومنيوم (AL) : يعطي مسحوق المعدن المبلل بنترات الكوبالت عند تسخينه بشدة على مكعب الفحم راسبا أزرق غير منصهر.

أنتيمون (Sb): يعطي مسحوق المعدن المحمص (المؤكسد) على مكعب الفحم قشورا بيضاء قريبة من المسحوق المحمص. يعطي في الأنبوبة المفتوحة مادة بيضاء متسامية بالقرب من العينة. يعطي في الأنبوبة المقفولة مادة متسامية بنية اللون مشوبة بالإحمرار ، سوداء اللون عندما تكون ساخنة.

باريوم (Ba): يعطي إختبار اللهب لونا أخضر تفاحيا مصفرا.

بوتاسيوم (K): يعطي إختبار اللهب لونا بنفسجيا ، عندما يبصر إليه من خلال مرشح زجاجي أزرق اللون.

تنجستن (W): تتلون خرزة الملح الفوسفوري (الميكروكوزمي) بلون أخضر مشوبا بالزرقة في اللهب المختزل.

تيتانيوم (Ti): تتلون خرزة الملح الفوسفوري (الميكروكوزمي) بلون أصفر وهي ساخنة ، وبلون بنفسجي وهي باردة ، وذلك في اللهب المختزل.

حديد (Fe): تتلون خرزة البوراكس بلون أصفر وهي ساخنة ، وتكون عديمة اللون وهي باردة ، وذلك في اللهب المؤكسد. ولكن في اللهب المختزل تتلون الخرزة بلون أخضر زجاجي.

ذهب (Au): يؤدي الإختزال على مكعب الفحم إلى تكوين خرزة من الذهب طرية قابلة للطرق.

رصاص (Pb): يؤدي الإختزال على مكعب الفحم إلى تكوين خرزة من الرصاص ذي البريق القلوي والقابلة للطرق وإذا حكت في ورقة تركت أثرا أسودا.

زرنيخ (As): تؤدي الأكسدة على مكعب الفحم إلى تكوين قشرة صفراء اللون وهي ساخنة ، بيضاء اللون وهي باردة ، أما إذا سخن المعدن على مكعب الفحم مع نترات الكوبالت ثم أعيد تسخينه بشدة فإنه تتكون قشرة خضراء زرعية اللون.

زئبق(Hg): يؤدي تسخين مخلوط المعدن مع يوديد البوتاسيوم والكبريت على مكعب الفحم إلى تكوين قشرة صفراء اللون مشوبة بالإخضرار مع تصاعد أبخرة صفراء اللون مخضرة. أما إذا سخن مخلوط المعدن مع مسحوق كربونات الصوديوم ومسحوق الفحم في الأنبوبة المقفولة فإنه تتكون كريات متسامية من الزئبق.

سترونشيوم (Sr): يعطي إختبار اللهب لونا أحمر قرمزيا.

صوديوم (Na): يعطي إختبار اللهب لونا أصفر.

فضة (Ag): يعطي الإختزال على مكعب الفحم خرزة من الفضة.

قصدير (Sn): يعطي الإختزال على مكعب الفحم خرزة من القصدير.

كالسيوم (Ca): يعطي إختبار اللهب لونا أحمر طوبيا.

كروميوم (Cr): تتلون خرزة البوراكس بلون أخضر ، وكذلك تتلون خرزة الملح الفوسفوري بلون أخضر ، أما خرزة كربونات الصوديوم فتتلون بلون أصفر مشوبا بالإخضرار وتكون معتمة.

مغنسيوم (Mg): عندما يسخن مسحوق المعدن المبلل بنترات الكوبالت على مكعب الفحم ، ثم يتابع التسخين بشدة مرة أخرى فإنه يتكون راسب وردي اللون.

موليبدنوم (Mo): تعطي خرزة الملح الفوسفوري لونا أخضر ناصعا في اللهب المؤكسد ، بينما تعطي الخرزة في اللهب المختزل لونا أخضر مشوبا بالمواد وهي ساخنة ، ولونا أخضر سخيا ونقيا وهي باردة.

نيكل (Ni): تعطي خرزة البوراكس لونا بنيا مشوبا بالإحمرار في اللهب المؤكسد ، بينما تعطي الخرزة في اللهب المختزل لونا رماديا معتما.

يورانيوم (U): تعطي خرزة الملح الفوسفوري لونا أصفر وهي ساخنة ولونا أحضر مشوبا بالإصفرار وهي باردة ، وذلك في اللهب المؤكسد. بينما تتلون الخرزة في اللهب المختزل بلون أخضر مشوبا بالإصفرار وهي ساخنة وتصبح خضراء ناصعة وهي باردة.

التحليل الكيميائي الكمي للمعادن:

يتطلب الأمر في التحليل الكيميائي الكمي للمعادن تعيين كمية العناصر الداخلة في تركيب المعدن ، سواء أكانت كميات غالبة ، أم كميات قليلة ، أم شحيحة. ويتم ذلك باستعمال طرق كيميائية وفيزيائية معقدة ودقيقة ، وتحتاج في بعض الأحيان إلى بعض الوقت والجهد كما في طرق التحليل الكيميائي الكمية التقليدية ، الحجمية منها ، والوزنية ، التي تستخدم طرق المعايرة والترسيب المعروفة لدى الكيميائي والموجود تفاصيلها في مراجع علم الكيمياء التحليلية.

ويمكن القيام بالتحاليل الكيميائية باستخدام الطرق الفيزيائية مثل التحليل الطيفي ، والتي تتم عن طريق تبخير (أو حرق) كمية بسيطة من مسحوق المعدن توضع في حفرة صغيرة في أحد قطبي الجرافيت في القوس الكهربائي للجهاز. ويتم تحيل طيف العناصر الموجودة في المعدن عن طريق منشور الكوارتز أو شبكية دقيقة . وبقياس كثافة وطول الموجات المميزة لكل عنصر يتم حساب كمية العناصر الداخلة في تركيب المعدن. وفي هذا الجهاز يمكن تعيين كمية العناصر الشحيحة التي تصل قيمتها إلى أجزاء قليلة من ملوين جزء. وهناك جهاز آخر لا يحتاج إلى سحق المعدن إو حرقه ، إنما تعريض سطح مصقول من المعدن للأشعة السينية التي تحدث عملية تفلر أو إنطلاق أشعة أخرى ثانوية من العناصر المكونة للمعدن تتناسب شدتها وكثافتها وطول موجتها مع كمية كل عنصر ونوعه. وتعرف هذه الطريقة باسم طريقة التحليل التفلري بالأشعة لاسينية. وتستخدم المعامل الحديثة للتحاليل الكيميائية للمعادن أجهزة إلكترونية دقيقة يتم فيها تحليل المعدن وحساب كمية العناصر المكونة له حسابا كميا بطريقة آلية (الجهاز متصل بحاسب إلكتروني) في دقائق معدودات. ومن أمثلة هذه الأجهزة جهاز Electron microprobe. وهذه الأجهزة دقيقة جدا وتحتاج إلى خبرة في تشغيلها وصيانتها بالإضافة إلى ثمنها الغالي. ولكن ما تقوم به من أضعاف مضاعفة من التحاليل في وقت قصير جدا – إذا قورنت بطرق التحليل التقليدية – وبجهد بشري بسيط ، يبرر تجهيز معامل البحوث ودراسات المعادن بمثل هذه الأجهزة.

ويقدم التحليل الكيميائي الكمي نتائج التحليل في صورة نسبة مئوية بالوزن لكميات العناصر الداخلة في تركيب المعدن. ويمكن التعبير عن التركيب الكيميائي "المميز" للمعدن في صورة قانون يبين أسماء العناصر الداخلة في تركيب المعدن ونسب إتحادها. فمثلا نعبر عن التركيب الكيميائي الذي يميز معدن هاليت بالقانون NaCl ، والذي يدل على أنه يوجد في معدن هاليت عدد متساو من أيونات الصوديوم والكلورين متحدة مع بعضها (النسبة ١:١).

القوانين الكيميائية للمعادن: Chemical Formulae of Minerals

تتكون بعض المعادن من مركبات كيميائية بسيطة ، ولكن غالبية المعادن تتكون من مركبات معقدة. ويحسب قانون المركبات المعدنية البسيطة من نتيجة التحليل الكيميائي بنفس الطريقة التي يحسب بها قانون المواد الكيميائية الأخرى.

ويعطي التحليل الكيميائي النسبة المئوية بالوزن لتركيب المعادن ، أو بعبارة أخرى يعطي عدد الأجزاء من العناصر المختلفة (أو أكاسيدها) الموجودة ي ١٠٠ جزء من المعدن. ولحساب قانون المعدن يجب تحويل هذه النسب المئوية بالوزن الذري لذلك العنصر. فمثلا أعطي التحليل الكيميائي لمعدن كالكوباريت Chalcopyrite النتيجة الآتية: (يلاحظ في هذا التحليل الكيميائي وفي كل التحاليل الكيميائية للمعادن وغيرها أن حاصل جمع النسب المئوية بالوزن لا يكون ١٠٠ تماما. ولكنه في أحسن الظروف يتراوح بين ٩٩,٥ ، ١٠٠,٥ وذلك لأسباب تتعلق بطرق التحليل ، وليس نتيجة للمعدن نفسه. وفي الحسابات الدقيقة يتم تحويل النسبة المئوية للتحليل بالوزن من المجموع المختلفة عن ١٠٠ إلى ١٠٠ بالضبط).

وفي حالة المعادن التي تحتوي على أكسيج فإن نتيجة التحليل الكيميائي الكمي تعطي في هيئة نسبة مئوية لأكاسيد العناصر الموجودة في المعدن ، وليس في صورة عنصار . ويرجع السبب في ذلك إلى أنه لا توجد طريقة تحليل كيميائية لتعيين الكمية الكلية للأكسجين في المركب. ونتبع نفس الطريقة السابقة للحصول على القنون الكيميائي للمعادن ، إلا أنه بدلا من قسمة نسبة التحليل الكيميائية المئوية بالأوزان الذرية فإننا في هذه الحالة نقسمها بالأوزان الجزيئية للأكاسيد المختلفة ، ولنأخذ مثلا لذلك معدن الجبس.

التركيب الكيميائية لمعدن الجبس بواسطة القانون: Cao SO8 2H2O أو CaSO4 2H2O. أما قوانين المعادن ذات التركيب الأكثر تعقيدا فتحسب قوانينها الكيميائية بطريقة مماثلة ، وبشرط أن ندخل في حسابنا أن هناك بعض العناصر تحل محل عناصر أخرى في البناء الذري للمعدن (عناصر التشابه الشكلي). مثل هذه العناصر المتشابهة يجب معاملتها كمجموعة ، وليس كل على إنفراد ، (أنظر خاصية التشابه الشكلي في موضوع الخواص الكيميائية البلورية للمعادن ، الباب الخامس) ، والمثال التالي يبين لنا هذه الحالة بشئ من الإيضاح.

معدن الجارنت Garnet:

ويلاحظ في هذا المثال أننا جمعنا نسب الإتحاد لأكسيد الألومنيوم وأكسيد الحديديك إلى بعضهما البعض ، وذلك لأن عنصري الألومنيوم والحديد (ثلاثي التكافؤ) يحلان محل بعضهما البعض ، وكذلك تحل عناصر المغنسيوم والكالسيوم والمنجنيز على بعضها البعض ، ونتيجة لذلك فقد أضفنا نسبة إتحادها بعضها إلى بعض والنتيجة النهائية هي أن نكتب القانون الكيميائية لمعدن الجارنت كالآتي. 3 (Ca, Mg, Mn) O. (Fe2Al)2 O3. 2 SiO2 (Ca, Mg, Mn)8 (Fe, Al)2 Si3 O12 .

والعناصر المحصورة بين الأقواس يمكنها أن تحل بعضها محل بعض. وهناك معادن أكثر تعقيدا من هذه الصورة ، ولا يمكن الحصول على قانونها الكيميائي بهذه الطريقة وما ذلك إلا بسبب التبلور التداخلي بين مكونتين طرفيتين (مركبان نقيان يذوبان في بعضهما البعض بأي نسبة ليكونا مادة متجانسة تركيبها الكيميائي يتدرج بين الطرفين).

مثال ذلك معدن البلاجيوكليز الذي يحتوي على كل من الصوديوم والكالسيوم بجانب عناصر الألومنيوم والسليكون والأكسجين ، ونكتب قانون الكيميائي بالنسبة غلى مكونتيه الطرفيتين "المركبان النقيا" ، وهما NaAlSi3O8 "ألبيت Albite" و CaAL2ASi2O8 "أنورثايت Anorthite" ، وذلك لأن معدن البلاجيوكليز ينتج عن التبلور الداخلي للألبيت والأنورثيت. ومن أمثلة البلاجيوكليز الناتج نوع أوليجيوكليز ، يكتب قانون الكيميائية هكذا أب ٨ أ ن ٢٠ ، ونعني بذلك أن الأوليجوكليز يتكون من ٨٠ جزءا ألبيت (يرمز له أ ب (Ab، 20 جزءا أنورثيت (يرمز له بالرمز أن An).

يوضح الأوليفين مثالا آخر لهذه الحالة ، فالأوليفين (Mg2Fe)2 SiO3 ، يتكون أساسا من التيلور التداخلي للمكونتين الطرفيتين فورستريت Forstrite Mf2SiO4 [Fo] ، فياليت Faylite Fe2SiO4 [Fa] . وعلى ذلك فهناك أوليفين قانونه Fo80Fa70 ، وآخر Fo82Fa23 .. الخ.

الفصل الرابع

الخواص الفيزيائية للمعادن

Physical Prosperities of Minerals

سبق أن عرفنا المعدن بأنه كل مادة صلبة متجانسة غير عضوية تكونت بفعل عوامل طبيعية ، ويتميز بأن له بناء ذريا منظما وتركيبا كيميائيا مميزا. وقد رأينا في الفصل الثاني كيف يظهر البناء الذري المنظم في هيئة بلورة تحدها أوجه بلورية مرتبة حسب عناصر تماثلية مميزة ، وتميل على بعضها البعض بزوايا ثابتة. وأن كل معدن يمكن التعرف عليه وتمييزه عن معدن آخر إذا وجد في هيئة بلورة كاملة الأوجه ، أو حتى في وجود بعض الاوجه. ولكن نظرا لأن المعادن توجد في الطبيعة – في معظم الحالات – في هيئة مجموعات بلورية متجانسة أو غير متجانسة ، وكذلك في هيئة مجموعات معدنية متبلورة ، مثل التوائم ، والبلورات النطاقية ، والمجموعات غير المنتظمة والمجموعات الحبيبية والشجرية والعنقودية .. الخ ، غالية الثمن. وفي هذه الأخيرة لا توجد أوجه بلورية على مادة المعدن مما يجعل التعرف على المعدن – إعتمادا على خواص أوجهه البلورية وتوزيعها – مستحيلا ، لذلك فإننا نلجأ إلى طريقة أخرى للتعرف على المعدن وتمييز عن غيره. هذه الطريقة هي الإستعانة بخواص المعدن الفيزيائية وهي خوصا سهلة التعيين. ولما كانت هذه الخواص تتوقف على كل من البناء الذري التركيب الكيميائية فإنها في مجموعها مميزة لكل معدن. والخواص الفيزيائية التالية لا يمكن حصرها في ستة أقسام يمكن تعيينها في العينات اليديوية دون الحاجة إلى الإستعانة بأجهزة خاصة معقدة

أما إذا كانت عينة المعدن صغيرة لدرجة لا تسمح بتعيين هذه الخواص الفيزيائية ، أو أن تعيين هذه الخواص الفيزيائية لم يؤد إلى تحقيق المعدن تحقيقا مؤكدا والتعرف على إسمه ، أو أريد الحصول على معلومات تفصيلية مرتبطة بالبناء الذري والوحدة البنائية ، وأبعادها وخواصها التماثلية ، والخواص الفيزيائية التفصيلية للمعدن ، فإننا نلجأ إلى إستخدام أجهزة متخصصة للحصول على هذه المعلومات وتحقيق العدن ، مثل الميكروسكوب المستقطب (بنوعية للمعادن الشفافة والمعادن المعتمة) ، وحيود الأشعة السينية ، والتحليل الحراري التفاضلي ، والتحليل الطيفي الإمتصاصي بالأشعة دون الحمراء.

١- خواص بصرية Optical properties: وهذه خواص تعتمد على الضوء ، ومن أمثلتها البريق ، واللون ، وعرض الألوان ، والتضوء ، والشفافية ، والمخدش.

٢- خواص تماسكية Cohesive properties: وهذه خواص تعتمد على تماسك مادة المعدن ومدة مرونتها ، ومن أمثلتها الصلادة ، والإنفصام ، والإنفصال ، والمكسر ، والقابلية للطرق والسحب.

٣- خواص كهرومغناطيسية Electrical and Magnetic properties: وهذه خواص تتوقف على الكهربائية والمغناطيسية ، ومن أمثلتها الكهرباء الحرارية ، والكهرباء الضغطية والمغناطيسية.

٤- الوزن النوعي Specific gravity: أو بمعنى آخر كثافة المعدن بالنسبة لكثافة الماء . ٥- خواص حرارية Thermal properties: تضم هذه الخواص أنواع عدة مثل حرارة التكوين ، وحرارة التبلور ، والتوصيل الحراري ،والتمدد الحراري ، وحرارة الذوبان ، والقابلية للإنصهار . ولكن أهم هذه الخواص بالنسبة للتعرف على المعدن هي خاصية القابلية للإنصهار.

٦- خواص أخرى مثل المذاق ، الملمس ، والرائحة ، والنشاط الإشعاعي.

١-الخواص البصرية: Optical properties

البريق: Luster

وهو عبارة عن المظهر الذي يبديه سطح المعدن في الضوء المنعكس. أو بعبارة أخرى هو مقدار ونوع الضوء المنعكس من سطح المعدن . والبريق من الخواص الهامة في التعرف على المعدن.ويمكن تقسيم بريق المعادن إلى نوعين: فلزي ولا فلزي. وعناك معادن لها بريق وسط بين الإثنين.

البريق الفلزي: هو ذلك البريق الذي تعطيه الفلزات. ومن أمثله المعادن التي لها بريق فلزي بيريت Pyrite (FeS_2) ، وجالينا Galena (PbS) ، ومثل هذه المعادن تكون معتمة وثقيلة الوزن.

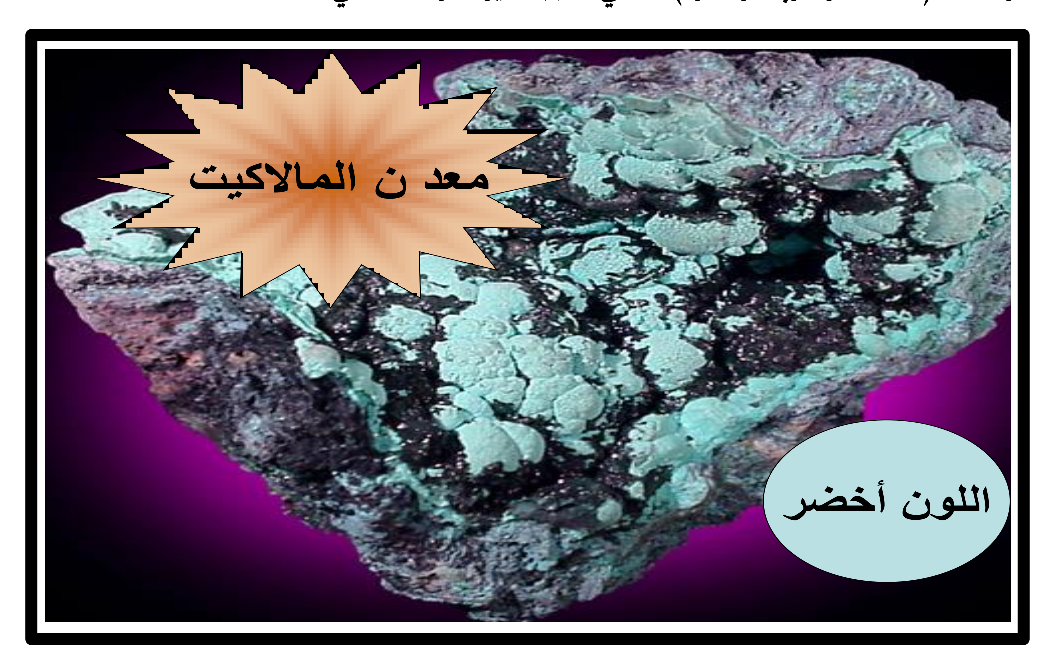
أما أنواع البريق الأخرى فتوصف بأنها لا فلزية. ونلاحظ أن المعادن ذات البريق اللافلزي – بصفة عامة – تكون فاتحة اللون ، وتسمح بمرور الضوء خلالها وخصوصا في الأحرف الرفيعة. ويشمل البريق اللافلزي الأنواع الآتية:

- **بريق زجاجي Vitreous of Glassy:** مثل بريق الزجاج ومن أمثلته بريق الكوارتز.
- **بريق ماسي Adamantino:** مثل بريق الألماس الساطح. ويعطي هذا البريق بواسطة المعادن ذات معاملات الإنكسار العالية.

• بريق راتنجي Resinous: مثل سطح ومظهر الراتنج أو الكهرمان ، ومن أمثلته بريق الكبريت ، وسفاليريت (Sphalerite ZnS). بريق لؤلؤي Pearly: ويشبه هذا البريق بريق اللؤلؤ ، ومن أمثلته بريق التلك (الطلق) Mg (OH) Silicate.
• بريق حريري Silky: مثل الحرير ، وينتج عن المعادن التي في هيئة ألياف ، ومن أمثلته بريق أحد أنواع الجبس المعروف بإسم ساتنسبار Satinspar.
• بريق أري أو مطفي dull of Earth: عندما يكون السطح غير براق أي مطفي، ومن أمثلته بريق معدن الكاولين [Al (OH) Silicate]. وتبعا لمقدار الضوء المنعكس من سطح المعدن (أي كثافته) يقال للبريق ساطح أو لامع أو براق أو مطفي.

اللون: Color

ينتج لون المعدن عن طول الموجة أو الموجات الضوئية التي تنعكس من المعدن وتؤثر في شبكية العين لتعطي الإحساس باللون. ويعتبر لون المعدن من أول الخواص الفيزيائية التي تشاهد ، ووسيلة هامة جدا تساعد على التعرف على المعدن بالرغم مما هو معروف من أن اللون لا يمثل صفة أساسية في المعدن ، إذ كثيرا ما يكون اللون نتيجة لشوائب غريبة تصادف وجودها في كيان المعدن. وهناك معادن لها لون ثابت يساعد في التعرف عليها مثل الكبريت (أصفر) والملاكيت [Malachite [Cu (OH) Carbonise ، الماجنتيت (Magentite (Fe2O4 (أسود) ، السنبار (Cinnabar (HgS ، (أحمر). ويجب ملاحظة لون المعدن على سطح حديث خال من التغيرات التي تطرأ على سطح المعدن المكشوف للعوامل الخارجية ، مثل الصدأ والتحلل (الأكسدة والكربنة والتموه) ، التي تسبب تغير اللون الأصلي.




معد ن الكبريت
اللون أصفر فاقع
معد ن البيريت
اللون أصفر نحاسي
معد ن الماجنيتيت
اللون أسود

أما المعادن التي ليس لها لون ثابت ، أي التي تظهر ألوانا مختلفة في العينات المختلفة ، فيعزى إختلاف اللون فيها إلى أسباب عدة. فقد يكون السبب كيميائيا أي نتيجة لإختلاف التركيب الكيميائي من عينة إلى أخرى ، مثل معدن سافليريت **Sphalerite** ، الذي يختلف لونه من البني الأصفر إلى الأسود ، وذلك بسبب كثرة الحديد في هذه الحالة. وقد يكون السبب في تغير اللون وجود شوائب تعمل عمل الأصباغ فتصبغ المعدن بلون مخالف للونه إذا كان نقيا ، ومن الأمثلة المعروفة أنواع الكوارتز الوردي **Rose quartz** ، والكوارتز البنفسجي **Amethyat** ، والكوارتز الأحمر خفي التبلور **crysptocrystalline** ، المعروف باسم جاسبر **jasper** ، إذ تنتج هذه الألوان عن وجود شوائب مثل أكسيد الحديديك (اللون الأحمر) أو أكاسيد المنجنيز (اللون البنفسجي) ، والمعروف أن الكوارتز النقي شفاف اللون. وقد يعزى التغير في اللون إلى البناء الذري للمعدن حيث توجد بعض الروابط بين الذرات "مكسرة" ، كما هو الحال في معدن الكوارتز المدخن **smoky quartz** (له لون الدخان). وقد يكون اللون موزعا في المعدن الواحد في هيئة حلقات أو نطاقات منتظمة حول بعضها البعض مثل معدن أجيت **Agate** (كوارتز خفي التبلور) ، وتورمالين **Tourmaline** ، (سليكات الألومنيوم والبورون والمغنسيوم والحديد).





عرض الألوان: Play of colors

يقال للمعدن إنه يظهر عرضا للألوان عندما يعطي ألوانا مختلفة في تتباع عندما يدار المعدن ببطء أو عندما تحرك العين بالنسبة إلى المعدت ذات اليمين أو ذات اليسار. ومن أمثلة المعادن التي تعطي عرضا للألوان الألماس (نتيجة لقوة التفرق الضوئي dispersion) ، لابرادوريت Labradorite (سليكات الألومنيوم والكالسيوم والصوديوم (نتيجة لإنعكاس الضوء من أسطح مكتنفات صفائحية داخل المعدن. وخاصية الأوبال أو اللألأة هي إحدى أنواع عر ض الألوان ، ويظهرها معدن الأوبال Opal (SiO2. nH2O) في النوع الذي يستعمل في الأحجار الكريمة ، حيث تنتج الألوان المتلائلة من الإنعكاس الداخلي في المعدن.

أما التصدؤ ، فهو تغير في الألوان على السطح نتيجة لتحلل المعدن الأصلي وتكون طبقة سطحية من نواتج التحلل ، أي أن لون السطح يختلف عن لون سطح مكسور حديثا . ومن أمثلة المعادن التي تهظر علهيا التصدؤ النحاس والبورنيت Bornite (Cu5FeS4). وخاصية عين الهر ، هي عبارة عن البريق الحريري المتموج الذي يتغير بإختلاف إتجاه البصر. يظهر مثل هذا البريق المتموج على سطح المعادن ذات النسيج الأليافي (أي وحداتها توجد في هيئة ألياف) مثل معدن ساتنسبار Satinspar (الجبس الأليافي).

التضوء: Luminescence

يوصف المعدن بأنه متضوء (أي يعطي ضوءا) ، إذا حول الأشكال الأخرى من الطاقة إلى ضوء. وينتج التضوء عن التعرض للحرارة أو الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية .. الخ. ويختلف لون التضوء عن اللون الأصلي للمعدن ، وألوان التضوء دائما ألوان باهرة ساطعة. مثلا ، تعطي بعض أنواع معدن الكالسيت Calcite عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية ألوانا حمراء باهرة ، أما معدن ويلييميت Willemite فإنه يعطي لونا أخضر ساطعا. وعندما تنتج ألوان التضوء أثناء التعرض للمؤثر فقط فإنها تعرف باسم التفلر Florescence وقد اشتق اسم هذه الخاصية من معدن فلوريت [CaF2 Fluorite] الذي تبدي بعض أنواعه هذه الخاصية. أما إذا استمرت ألوان التضوء عقب زوال المؤثر فإنها تعرف باسم التفسفر Phosphorescence. وقد لوحظت خاصية التفسفر منذ حين عندما كانت تظهر بعض المعادن – التي كانت معرضة لضوء الشمس – ساطحة بألوان جذابة ، بعد نقلها إلى حجرة مظلمة.

وخاصية التفلر أكثر إنتشارا بين المعادن عن غيرها من أنواع التضوء الأخرى. ومن أمثلة المعادن التي تبدي في معظم الأحيان خاصية التفلز نذكر – بالإضافة إلى الكالسيت والفلوريت والويللميت – شيليت Scheelite ((CaWO4 ، سكابوليت (Na Ca AL Silicate (Scapolite ، الألماس ، الأوتونيت Autunite ((Hydrate Ca U Phosphate . ولا يمكن التنبؤ بخاصية التفلر إذ نلاحظ أن بعض عينات المعدن الواحد تتفلر ، بينما عينات أخرى لنفس المعدن لا تتفلر.

وتستعمل الأشعة فوق البنفسجية عادة في الكشف عن خاصية التفلر ، ويجرى الإختبار في مكان مظلم. والأجهزة المستخدمة تستعمل عادة مصابيح بخار الزئبق أو أنابيب الأرجون أو غيرها من مصادر إنتاج الأشعة فوق البنفسجية ، وقد تكون هذه الأجهزة من النوع الثابت الذي يستخدم التيار الكهربائي ، أو من النوع المتنقل الذي يستخدم بطاريات ، حيث يسهل حمل الجهاز والتنقل به ، مما يساعد على إستكشاف المعادن المتفلرة داخل الكهوف والمناجم.

الشفافية: Transparency

تعبر هذه الخاصية عن قدرة المعدن على إنفاذ الضوء . وتعرف المعادن التي تسمح برؤية الأجسام من خلالها بوضوح وسهولة باسم معادن شفافة . فإذا بدت الأجسام غير واضحة فإن المعدن يعتبر في هذه الحالة نصف شفاف . أما المعدن المعتم فهو الذي لا يسمح بنفاذ الضوء حتى خلال أحرفه الرفيعة. ومن أمثلة المعادن المعتمة البيريت ، الجالينا ، الجرافيت ، الكالكوبيريت.

المخدش: Streak

يقصد بمخدش المعدن لون مسحوقه الناعم.ويمكن معرفة لون المسحوق (المخدش) بسهولة بواسطة حك المعدن على سطح لوح من الخزف الأبيض المطفي يعرف بإسم لوح المخدش ، وملاحظة لون المسحوق الناتج ، وليس من الضروري أن يكون لون المعدن مثل مخدشه ، فمثلا معدن بيريت لونه كالنحاس الأصفر ولكن مخدشه أسود ، والكروميت ($FeCr_2O_4$ Chromite) ، لونه أسود ومخدشه بني. ولما كان المخدش خاصية ثابتة بالنسبة للمعدن الواحد لذلك فإن تعيينه بالنسبة للمعادن ذات الألوان المتغيرة يعتبر ذا أهمية كبرى ، إذ يساعد كثيرا على التعرف على المعدن. كذلك نلاحظ أن كثيرا من المعادن التي تشترك في لون واحد تختلف في مخدشها. فمثلا بعض عينات الماجنتيت (Fe_3O_4) والهيماتيت (Fe_2O_3) ، والجوتيت ($HFeO_2$) ، تكون سوداء اللون ، ولكن إذا حققنا مخدشها وجدنا للمجانتيت مخدشا أسود ، في حين يكون للهيماتيت مخدشا أحمر ، أما لجوتيت فنجد أن مخدشه أصفر بني.

عندما يكون المعدن صلدا جدا فإنه لا ينخدش على لوح المخدش ليترك أي مسحوق يمكن تمييز لونه ، بل على العكس ربما يخدش اللوح نفسه. وفي مثل هذه لاحالة تكسر قطعة صغيرة من هذا المعدن الصلد ونطحنها طحنا كاملا ونشاهد لون المسحوق الناتج.

في أحوال خاصة نستعمل لوحا خزفيا لامعا ونشاهد لون الأثر الذي يتركه المعدن عليه ، فقد وجد أن هذا الأثر على اللوح اللامع يساعد في التفرقة بين معدن الجرافيت ذي المخدش الأسود اللامع وبين الموليدينيت (MoS_2 Milybdenite) ، ذي المخدش المائل للخضرة (كلا المعدنين يشبهان بعضهما البعض في كثير من الخواص الفيزيائية).



٢-١الخواص التماسكية: Cohesive properties

الصلادة: Hardness

الصلادة لفظ يعبر عن مقدار المقاومة التي يبديها المعدن تجاه الخدش والتآكل. ويمكن تعيين درجة الصلادة بملاحظة السهولة أو الصعوبة التي ينخدش بها المعدن بواسطة دبوس أو نصل سكن حاد. وتتراوح درجة الصلادة في المعادن بين تلك الدرجة المنخفضة في معدت التلك Tale الذي يمكن خدشه بواسطة الظفر وتلك الدرجة العلاية في معدن الألماس Diamond الذي يعتبر أصلد مادة معروفة سواء أكانت طبيعية أم صناعية. وتعتبر الصلادة من الخواص الفيزيائية الهامة للمعدن ، لأنه يمكن تعيينها بسرعة وبذلك تساعد في التعرف على المعدن. ويمكن تعيين صلادة المعدن تعيينا نسبيا ، وذلك بمقارنتها بصلادة المعادن المرتبة تبعا لزيادة درجة صلادتها في مقياس الصلادة المعروف باسم مثياس موهس للصلادة ، الذي يحتوي على عشرة معادن تبتدئ بأقل المعادن صلادة وهو التلك وتنتهي بأكثر المعادن صلادة وهو الألماس ، وبين الإثنين يوجد ثمانية معادن لها أرقام تمثل درجة الصلادة النسبية من ٢ إلى ٩. وفيما يلي مقياس موهس للصلادة:

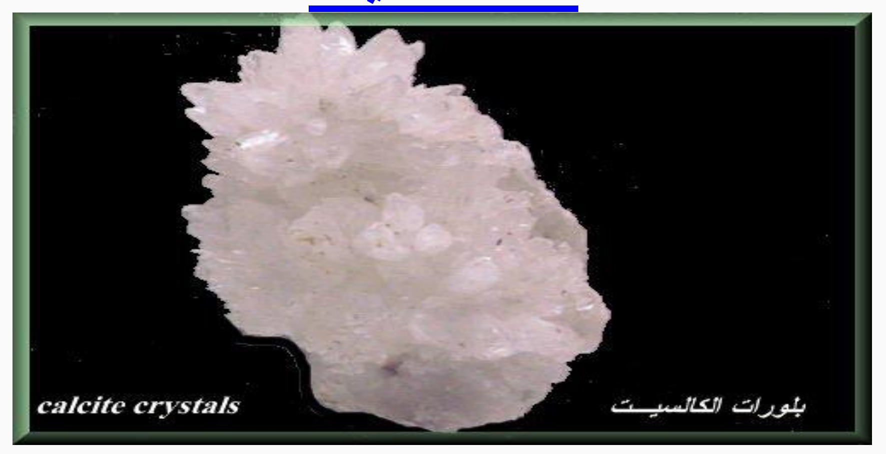
١- التلك Tale ٢- الجبس Gypsum- ٣- الكالسيت Calcite- ٤- الفلوريت Fluorite- ٥-الأباتيت Apatite- ٦- الأرثوكليز Orthoclase-٧- الكوارتز Quartz- ٨- التوباز Topaz- ٩- الكوارندوم Corundum- ١٠- الألماس Diamond .

مقياس موهس للصلادة :

Talc	تلك	1
Gypsum	جبس	2
Calcite	كالسيت	3
Fluorite	فلوريت	4
Apatite	الأباتيت	5
Orthoclase	الأرثوكليز	6
Quartz	كوارتز	7
Topaz	التوباز	8
Corundum	الكورندم	9
Diamond	الماس	10



٣ـ الكالسيت



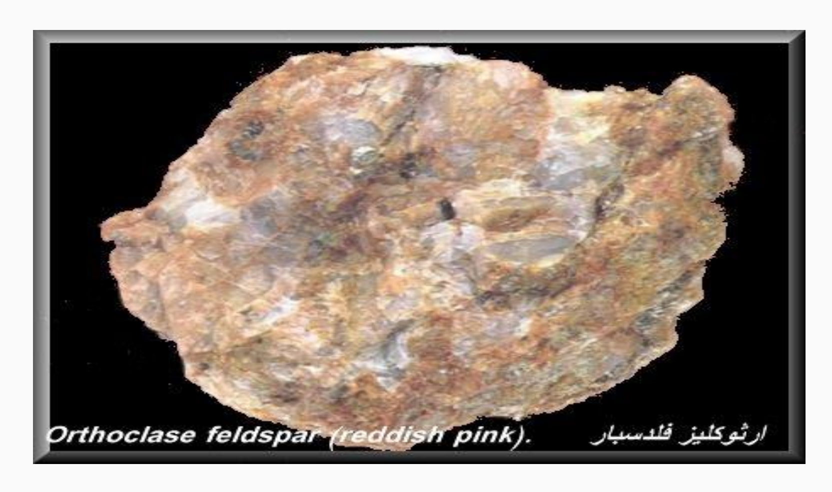
٤ـ فلوريت



٥ـ أباتيت



ـأرثوكليز



٧ـالكوارتز



٨ ـ التوباز



٩ـ الكوراندوم



١٠ـ الماس

فإذا أردنا معرفة صلادة أي معدن اختبرناه بالظفر أو بنصل المبراة لمعرفة موضعه بين المعادن الأخرى ، ثم نجرب على سطحه المعادن المقاربة له ، حتى نحدد موضعه بين المعدن الذي يخدشه والمعدن الذي ينخدش به. مثلا نجد أن معدن البيريت يخدش معدن الأرثوكليز (٦) ، ولكنه لا يخدش المعدن الذي يلي الأرثوكليز – نخدش نفسه بذلك المعدن – الكوارتز). أي أن صلادة ابيريت وسط بين صلادة الأرثوكليز (٦) وصلادة الكوارتز (٧) أي ٦,٥. فإذا أوجد معدنان لهما نفس الدرجة من الصلادة فإنهما يخدشان بعضهما بالتساوي.وعند تجربة قياس درجة الصلادة يجب التحييز بين الإنخداش الحقيقي وبين المخدش أي لون المسحوق الناتج من الإحتكاك ، مثل علامة الطباشير مثلا على لاسبورة (فلا نقول أن الطباشير أصلد من السبورة) ، فالإنخداش صفة ثابتة لا يمكن مسحها من على سطح المعدن ، ولكن المخدش يمكن مسحه بسهولة . كذلك يجب أن يكون طول الخدش أقصر ما يمكن ، بحيث لا يزيد عن ربع السنتيمتر حتى لا يشوه عينة المعدن.

ويجب ملاحظة أن الأرقام المعطاة للمعادن في مقياس موهس للصلادة تمثل الصلادة النسبية ، إذ ليس حقيقيا أن صلادة الألماس عشرة أمثال صلادة التلك فإنها أكثر من ذلك بكثير ، كذلك ليس حقيقا أن الفرق بين صلادة معدن والذي يليه في مقياس الصلادة المذكور متساو ومنتظم في كل المقياس ، إذ أن من المعروف أن الفرق بين ٩ (الكوراندوم) و ١٠ (الألماس) في مقياس الصلادة يفوق بكثير الفرق بين ١ (التلك) و ٩ (الكوراندوم).

ويسهل تعيين الصلادة على وجه التقريب ، بإستعمال: الظفر ، قطعة نقود نحاسية ، نصل سكين (مكواة) ، قطعة زجاج نافذة ، لوح مخدش ، أو مبرد صلب ، التي لها درجات الصلادة التالية.

- الظفر ، حتى ٢,٥
- زجاج النافذة ، حتى ٥,٥
- عملة نحاسية ، حتى ٣
- لوح المخدش ، حتى ٦,٥
- نصل سكين ، حتى ٥,٥
- مبرد صلب ، ٦-٧

ولما كانت معظم المعادن ذات صلادة أقل من ٧ ، فإن هذا المقياس البسيط يجعل من السهل تعيين الصلادة ، على وجه التقريب ، للمعدن سواء أكان ذلك في المختبر أم في الحقل.

وعند إختيار الأحجار الكريمة يستعمل بائعو المجوهرات المبرد الصلب أولا ، فإذا عض المبرد (أي عمل خدشا صغيرا) في المادة المختبرة فإن صلادتها تكون أقل من ٧٠ ، حيث أن كثيرا من الأحجار الكريمة المقلدة – خصوصا المصنوعة من الزجاج – لها صلادة أقل من ٧٠ ، بينما غالبية الأحجار الكريمة الحقيقية لها صلادة أعلى من ذلك ، فإن هذا الإختبار البسيط بواسطة مبرد الصلب يساعد في التفرقة بين النوعين (المقلد والحقيقي).

الإنفصام: Cleavage

هذه هي الخاصية التي بموجبها ينفصم المعدن أو يتشقق بسهولة في إتجاهات معينة ، وينتج عنها سطوح جديدة تعرف باسم مستويات الإنقصام ، وتمثل هذه المستويات أوجها بلورية ممكنة على بلورة المعن ، إذ أن الترتيب الذري الداخلي للبلروة هو الذي يتحكم في تكوين وإتجاه هذه المستويات الإنفصامية ، تماما كما يتحكم في تكوين وإتجاه الأوجه البلورية. ويحدث الإنفصام دائما في المستويات التي تكون فيها الذرات مرتبطة برباط ضعيف.

ينفصم المعدن نتيجة لدقه أو ضغطه في إتجاه معين بواسطة حرف نصل سكين حاد. ويوصف الإنفصام تبعا لسهولة حدوثه وإكتماله بالصفات التالية: كامل ، واضح أو جيد ، غير كامل ، صعب أو صعيف . وكذلك يوصف الإنفصام تبعا لتجاهه البلوري فهناك مثلا إنفصام مكعبي {١٠٠} (موازي لأوجه المكعب) كما في معدن الجاليتا والهاليت. أو إنفصام ثماني الأوجه {١١١} (موازي لأوجه ثماني الأوجه) كما في معدن

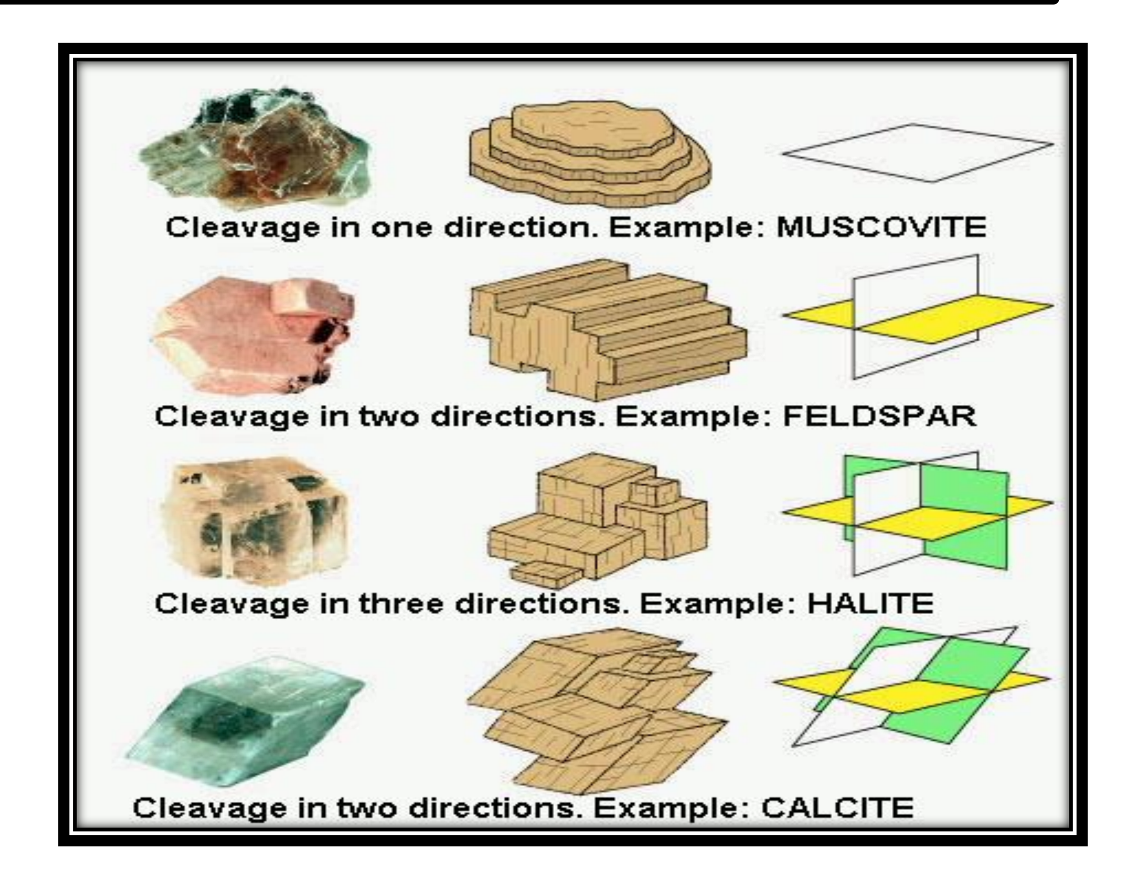
الفلوريت. أو إنفصام معيني الأوجه {١٠¯١١} ، {١٠¯١١} (موازي لأسطح معيني الأوجه) كما في معدن الكالسيت ، أو منشوري {١١٠} (موازي لأسطح المنشور) كما في معدن الهورتبلند ومعدن الأوجيت ، أو قاعدي {١٠٠} (موازي للسطوح القادي) كما في معادن الميكا ، ومعدن الجرافيت.



وعند وصف إنفصام المعدن يجب ذكر درجة السهولة التي يحدث بها ، وكذلك موضعه البلوري ، فمثلا:

• معادن الميكا لها إنفصام قاعدي كامل {١٠٠}.
• أرثوكليز له إنفصام قاعدي كامل {١٠٠} ، وإنفصام جانبي جيد {٠١٠}.
• أباتيت له إنفصام قاعدي ضعيف {١٠٠٠}.
• هونبلند له إنفصام منشوري جيد {٠١١} ، يتقاطع بزوايا تقرب من ١٢٠ درجة .

• أوجيت له إنفصام منشوري كامل {٠١١} يتقاطع بزوايا تقرب من ٩٠ درجة .
• كالسيت له إنفصام معيني الأوجه كامل {١٠¯١١} .
• هاليت له إنفصال مكعبي {٠٠١} .
• كوارتز لا يوجد به إنفصام بالمرة.



ويدل على الإنفصام في المعدن وجود شروخ أو خطوط منتظمة المسافات والبعد والإتجاهات على سطح ناعم للمعدن ، هذه الشروخ أو الخطوط هي عبارة عن الأثر الذي يتركه الإنفصام على سطح المعدن وفي هذه الحالات التي نشاهد فيها آثار الإنفصام لا يوجد ما يبرر مطلقا تكسير عينة المعدن أو محاولة فصمها إلى شرائح بواسطة نصل السكين.

العائلة		الصيغة الكيميائية (١)	الانفصام
الأوليفين		$(Mg , Fe)_2 SiO_4$	لا يوجد
مجموعة البايروكسين		$(Mg , Fe) SiO_3$	باتجاهين متعامدين
مجموعة الأمفيبول		$(Ca_2Mg_5)Si_8O_{22}(OH)_2$	باتجاهين بزوايا ٦٠°، ١٢٠°.
المايكا	المسكوفيت (مايكا بيضاء)	$KAl_3Si_3O_{10} (OH)_2$	باتجاه واحد
	البيوتيت (مايكا سوداء)	$K(Mg , Fe)_3Si_3O_{10}(OH)_2$	
الفلسبار	الأورثوكليز	$KAlSi_3O_8$	باتجاهين متعامدين
	البلاجيوكليز	$(Ca,Na)AlSi_3O_8$	
الكوارتز		SiO_2	لا يوجد

أمثلة من المعادن ذات الأعداد المختلفة لمستويات الانفصام

المثال	عدد مستويات الانفصام
مرو (كوارتز)، أولفين	عديم الانفصام
فلسبار	ثنائي (متعامدة)
هورنبلند	ثنائي (غير متعامدة)
هاليت (ملح الطعام)	ثلاثي (متعامدة)
كالسيت	ثلاثي (غير متعامدة)
فلورايت	ثماني
سفالورايت	سداسي

الإنفصال: Parting

هو مستويات ضعف ، مثل الإنفصام إلا أنه لا يتكون عموما نتيجة للبناء الذري الداخلي للمعدن ، بل نتيجة لعوامل أخرى مثل الضغط أو التوأمية. ولما كانت هذه المستويات وخصوصا المستويات التوأمية موازية لمستويات بلورية فإن الإنفصال يشبه الإنفصام. ولكن الإنفصام يختلف عن الإنفصام في أن الإنفصال لا يوجد بالضرورة في جميع عينات المعدن الواحد ، ولكن يشاهد فقط في تلك البلورات التوأمية أو التي تعرضت إلى ضغط مناسب. وحتى في مثل هذه الحالات التي يشاهد فيها الإنفصال فإن عدد مستويات الإنفصال في الإتجاه الواحد محدودة ، وتبعد هذه المستويات الإنفصالية عن بعضها البعض بمسافات غير متساوية عموما. ومن أشهر أمثلة الإنفصال الذي يحدث في المستويات التوأمية والتركيبية (مستويات ضعف في

البناء) ذلك الإنفصال القاعدي في معادن البيروكسين ، والإنفصال معيني الأوجه في الكورانـدوم ، والإنفصال ثماني الأوجه في الماجنتيت.

المكسر: Fracture

يعرف المكسر بأنه نوع السطح الناتج عن كسر المعدن في مستوى غير مستوى الإنفصام. تعطي المعادن التي ليس فيها إنفصاما مكسرا بسهولة ، وتستخدم الصفات التالية في وصف الأنواع المختلفة من المكسر.

- محاري: عندما يشبه السطح المكسور الشكل الداخلي لصدفة المحارة ، أي يكون في هيئة خطوط مقوسة دائرية مثل مكسر قطعة سميكة من الزجاج ، ومن أمثلته مكسر الكوارتز.
- خشن: عندما يكون السطح الناتج جاف غير منتظم وهو منتشر بين كثير من المعادن ، مثل البيريت ، والباريت.
- مستوي: عندما يكون المكسر أملس تقريبا.
- ترابي: سطح غير منتظم يعطي بواسطة المعادن الترابية ، مثل الكاولينيت ومعادن البوكسيت.
- مسنن: عندما يكون السطح الناتج عن الكسر ذا أسنان حادة مدببة ، مثل مكسر قطعة من النحاس (شظايا القنابل).


المكسر المحاري في الأوبسيديان

المجموعة Group Of Mineral	اسم المعدن Name Of Mineral	اللون Color	المخدش Streak	الصلابة Hardness	الثقل النوعي Specific Gravity	البريق Luster	التشقق Cleavage	المكسر Fracture
السلفيت Sulfate	Gypsum	ابيض	ابيض	ضعيف	خفيف	زجاجي	واضح	غير مستوي
	Anhydrite	ابيض	ابيض	ضعيف	خفيف	زجاجي	واضح	غير مستوي
	Barite	ابيض	ابيض	متوسط	ثقيل	زجاجي	واضح	غير مستوي

المجموعة Group Of Mineral	اسم المعدن Name Of Mineral	اللون Color	المخدش Streak	الصلابة Hardness	الثقل النوعي Specific Gravity	البريق Luster	التشقق Cleavage	المكسر Fracture
الأكاسيد Oxiden	Quartz Smoky	رمادي	ابيض	صلب	متوسط	زجاجي	غير واضح	محاري
	Milky Quartz	أبيض	أبيض	صلب	متوسط	زجاجي	غير واضح	محاري
	Rose Quartz	وردي	أبيض	صلب	متوسط	زجاجي	غير واضح	محاري
	Chromites	رمادي غامق	اسود	متوسط	متوسط	فلزي	غير واضح	غير مستوي
	Magnetite	اسود	اسود	صلب	متوسط	فلزي	واضح	غير مستوي
	Hematite	احمر غامق	احمر	متوسط	خفيف	فلزي	غير واضح	غير مستوي
	Ilmenite	أسود	أسود	صلب	متوسط	فلزي	غير واضح	غير مستوي

خاصية الطرق والسحب (التماسك) Tancity

وهي المقاومة التي يبديها المعدن نحو الطرق والكسر والطحن والإنثناء ، أو بالإختصار تماسك المعدن. وتستخدم الألفاظ التالية في وصف الأنواع المختلفة من تماسك المعدن.

- قابل للكسر: يتكسر المعدن إلى مسحوق بسهولة مثل البيريت.
- قابل للطرق: عندما يمكن طرق المعدن إلى صفائح رقيقة ، مثل الذهب ، والنحاس ، والفضة.
- قابل للسحب: عندما يمكن سحب المعدن إلى أسلاك ، مثل الذهب ، والنحاس ، والفضة.
- قابل للقطع: عندما يمكن قطع المعدن إلى قشور يمكن طحنها مثل الجبس.
- قابل للإنثناء: عندما يمكن ثني قشور المعدن بالضغط ، وفي هذه الحالة لا يعود المعدن إلى شكله الأصلي إذا زال الضغط ، مثل الكلوريت والمولدينيت ، والجرافيت.
- مرن: عندما يمكن ثني قشور المعدن بالضغط ، ولكن بمجرد زوال الضغط يستعيد المعدن شكله الأصلي مثل البيوتيت والمسكوفيت.

٣-١ الخواص الكهربائية والمغناطيسية Electrical and Magnetic properties

الكهرباء الحرارية: Pyroelectiricity

هي الخاصية التي بموجبها تتكون على الأطراف المختلفة لبلورة المعدن شحنات كهربائية نتيجة لتسخينه ، وتوجد هذه الخاصية في البلورات ذات التماثل الأدنى ، خصوصا البلورات نصف الشكلية ، (أي التي لها طرفان مختلفان نتيجة لعدم وجود مستوى تماثل بينهما).

يعتبر معدن التورمالين من أحسن الأمثلة التي تظهر هذه الخاصية ، ولبلورة التورمالين طرفان أحدهما حاد الزاوية وآخر منفرج الزاوية ، فإذا سخنا البلور فإنه يتولد عند الطرف الحاد شحنات كهربائية موجبة ، بينما يتولد عند الطرف المنفرج شحنات كهربائية سالبة. ويتعرف على السالب من الموجب بواسطة رش البلورة المسخنة بمسحوق مخلظ الكبريت الأصفر وأكسيد الرصاص الأحمر ، فنلاحظ أن أكسيد الرصاص الأحمر ينجذب نحو الطرف السالب التكهرب ، أما الكبريت الأصفر فإنه ينجذب نحو الطرف الموجب التكهرب.

وتستعمل بلورات التورمالين ، نتيجة لخاصية الكهرباء الحرارية – في الأجهزة المستخدمة في قياس درجة حرارة إنفجار القنابل.

الكهرباء الضغطية: Piezoelectricity

وهي الخاصية التي بموجبها تتكون على أطراف المعدن شحنات كهربائية نتيجة لضغطه. وتلاحظ الشحنات الكهربائية على الأطراف المختلفة للمحاور البلورية. ومن الأمثلة الهامة لهذه الخاصية معدن الكوارتز الذي يستعمل في أجهزة الراديو والإرسال اللاسلكي للتحكم في التردد.

المغناطيسية:Magnetism

تنجذب بعض المعادن إلى المغناطيس الكهربائي القوي إذا قربت منه في حين تنفر معادن أخرى من المغناطيس. والمعادن الأولى تعرف بإسم بارامغناطيسية ، في حين تعرف الثانية بإسم ديامغناطيسية. وتختلف المعادن البارامغناطيسية من حيث قوة مغناطيسيتها ، فبعضها قوي مثل ماجنتيت (أحد أنواعه المعروفة بإسم حجر المغناطيس ، ويمكنه جذب برادة الحديد) ، والبعض الآخر ضعيف المغناطيسية مثل إلمينيت Ilmenite (FeTiO8)). ومن أمثل المعادن الديامغناطيسية الكوارتز والكالسيت والزركون. ولهذه الخاصية قيمتها وأهميتها عند فصل خامات المعادن وتركيزها ، كما هو مستعمل في إستغلال الرمال السوداء التي تحتوي على الماجنتيت والألمينيت والجارنت والزركون والمونازيت.

٤- الكثافة والوزن النوعي: Density and Specific gravity

الوزن النوعي للمعدن عبارة عن نسبة كثافة المعدن إلى كثافة الماء (الكثافة النسبية). ولما كانت كثافة الماء عند درجة ٤ مئوية تساوي الوحدة ، فإن الرقم الدال على الوزن النوعي هو بعينه العدد الدال على كثافة المعدن باستثناء أن الوزن النوعي لا تمييز له (لأنه يمثل نسبة) أما الكثافة فإنها تميز. فمثلا ، الوزن النوعي للكوارتز يساوي ٢,٦٥ ، أما كثافة الكوارتز فتساوي ٢,٦٥ جم/سم٣ ، يدل الوزن النوعي إذن على نسبة وزن المعدن إلى وزن حجم مساوي له من الماء عند درجة حرارة ٤ درجة مئوية.

- الوزن النوعي (ن) = و/ و – و¯
- حيث و = وزن المعدن في الهواء
- و¯ = وزن المعدن في الماء
- و – و¯ = وزن الماء المزاح
- = (وزن حجم مساو للمعدن من الماء).

فمثلا عندما نقول أن الوزن النوعي لمعدن الكوارتز هو ٢,٦٥ فإننا نعني أن عينة معينة من الكوارتز تزن ٢,٦٥ مرة وزن حجم مساو لها من الماء. والذهب وزنه النوعي ١٩ يعني أن الذهي يزن ١٩ مرة حجم وزن مساو لهذا العينة من الماء. والوزن النوعي خاصية هامة مميزة للمعدن ، وهي ثابتة لا تتغير (عند درجة معينة من الحرارة والضغط) طالما أن التركيب الكيميائي للمعدن لم يتغير ، فإذا تغير التركيب الكيميائي للمعدن نتيجة لإحلال بعض العناصر محل عناصر أخرى في البناء الذري الداخلي ، مثل إحلال الألومنيوم محل السليكون وإحلال الحديد محل المغنسيوم ، فإن قيمة الوزن النوعي للمعدن تتغير تبعا لذلك الإحلال ، وتتراوح بين قميتين أو نهايتين. فمثلا يتراوح الوزن النوعي لمعدن الاوليفين Olivine (سليكات الحديد والمغنسيوم) بين ٣,٢ إلى ٤,٤ بسبب تغير التركيب الكيميائي للألويفين ، وهل هو غني بالمغنسيو (٣,٢) أو غني بالحديد (٤,٤) ، أما إذا كان يحتوي نسبة وسطا من المغنسيوم والحديد فإن وزنه النوعي سوف يكون عددا متوسطا بين ٣,٢ و ٤,٤.

ويختلف الوزن النوعي أيضا باختلاف طريقة رص الذرات في البناء الذري الداخلي للمعدن. فالمعروف أن الذرات قد ترص نفسها في مادة البلورة إنا في هيئة سداسية أو ثلاثية أو مكعبية ، وينتج من ذلك أن السنتيمتر المكعب ، مثلا ، يحتوي في كل حالة على عدد من الذرات مختلف عنه في الحالة الأخرى ، وبالتالي يختلف الوزن لانوعي من حالة إلى أخرى. ومن أمثلة ذلك الكربون ، فقد توجد ذرات الكربون مرصوصة تبعا للنظام المكعبي ، لتعطي بلورات معكبة هي معدن الألماس ، وزنه النوعي ٣,٤ ، أو قد توجد ذرات الكربون مرصوصة بنظام هو النظام السداسي ، في بلورات معدن الجرافيت ، وزنه النوعي ٢,٢٥.

ومن الأسباب التي تؤدي إلى الخطأ في تعيين الوزن النوعي للمعدن بصفة عامة وجود شوائب مختلطة به ، وكذلك وجود فجوات هوائية ، ولذلك عند تعيين الوزن النوعي لمعدن ما ، يجب التأكد من خلو المعدن من مثل هذه الشوائب والفجوات الهوائية ، كما يجب أن يكون المعدن خاليا من آثار التحلل بفعل العوامل الجوية (التأكسد والكربنة والتموه) كما يجب على دارس المعدن تحري الدقة التامة أثناء عملية تعيينه للوزن النوعي للمعدن.

ومن بين الطرق العديدة المستخدمة في تعيين الكثافة النسبية أو الوزن النوعي للجوامد ، نذكر الطرق التالية ، والتي تعتبر مناسبة للمعادن:

١ – طريقة قياس الوزن مباشرة: حيث يعين الحجم تبعا لقاعدة أرشميدس كما هو الحال في إستعمال الميزان الكيميائية العادي أو موازين خاصة ، مثل ميزان كرواس جولي.

٢ –طريقة قياس الوزن مباشرة ن حيث يعين الحجم من وزن السائل المزاح ، كما هو الحال في قنينة الكثافة المعروفة بإسم اليكنومتر.

٣- طريقة تعيين النزن النوعي بمقارنته مباشرة بالوزن النوعي لسائل ثقيل عندما يظل المعدن معلقا في السائل.

١- طريقة إستعال الموازين:

يعين الحجم بقياس الفقد الظاهري في الوزن عندما تغمس قطعة المعدن في سائل مناسب. ففي هذه الحالة تزيح قطعة المعدن كمية من السائل مساوية لحجمها وتبعا لذلك ينقص وزن قطعة المعدن ظاهريا بمقدار وزن السائل المزاح. فإذا كانت و ١ تدل على وزن قطعة المعدن في الهواء ، و ٢ تدل على وزن قطعة المعدن في سائل كثافته ث ، فإن الوزن النوعي ن يكون

ن = و١/ و١ – و٢ X ن

ويستخدم الماء عادة كسائل للإزاحة ، حيث أنه دائما متوفر ، ونظرا لأن كثافته تساوي ١ أو قريبا جدا من ١ ، فإننا لا نحتاج إلى المعامل ث في المعادلة السابقة. ولكن في بعض الأحيان نلجأ إلى استخدام سائل آخر بدلا من الماء الذي قد يذيب المعدن ، أو نظرا لخاصية التوتر السطحي العالي للماء التي تؤدي إلى عدم بلل المعدن بدرجة كافية مما يؤدي إلى إلتصاق فقاقيع الهواء بسطح المعدن والتي تؤدي بدورها إلى رقم منخفض للوزن النوعي. ولهذا لاسبب يفضل إستعمال سوائل عضوية ذات توتر سطحي أقل من الماء مثل التولوين ورابع كلوريد الكربون.

تعتبر هذه الطريقة أسهل طريقة لتعيين الوزن النوعي للمعادن ، ويمكن إستخدام الميزان الكيميائي العادي في تعيينها ولو أنه توجد موازيين خاصة لتعيين الوزن النوعي للمعدن بدقة وبسرعة وبطريقة مباشرة ، وتعتمد أساسا على قاعدة أرشميدس ، نذكر منها ميزان 'كراوس – جولي" ذي السلك الزنبركي. ويتكون هذا الجهاز من الأجزاء التالية:

١- أنبوبة خارجية (١) مثبت فيها ورنية داخلية ثابتة.

٢- أنبوب مستديرة داخلية (٢) تتحرك داخل الأنبوبة الخارجية (١) بواسطة رأس كبيرة حلزونية الحركة "ر" ومثبت على هذه الأنبوبة المستديرة ورنية خارجية متحركة ومقياس مدرج من الجانبين. وعندما تتحرك هذه الأنبوبة الداخلية تحمل معها الورنية الخارجية والمقياس المدرج من الجانبين. ويستعمل أحد هذه التدريجين في قراءة مكان هذا القياس المتحرك بواسطة الورنية الثابتة في (١) ، أما التدريج الآخر فيستعمل في قراءة مكان السلك الزنبركي بعد غمر المعدن في الماء بواسطة الورنية المتحركة.

يوجد بداخل الأنبوبة المستديرة الداخلة عامود معدني (٣) يمكن تغيير طوله بجذبه من الداخل إلى الخارج وتثبيته عند الطول المناسب. ويحمل هذا العامود السلك الزنبركي (٤) بواسطة ذراع ، ويتدلى في نهاية السلك الزنبركي دليل (٥) [خلفه مرآة بها خط أفقي] ، ومعلق بالسلك كفتان أ ، ب.

طريقة الإستعمال:

١- عند بدء استعمال الجهاز يجب ضبطه بحيث يكون المقياس المدرج والورنتين والدليل (المعلق من السلك الزنبركي) كلها عند الصفر وأن تكون الكفة السفلى مغموسة في الماء ، ونصل إلى هذا الوضع بأن نكيف طول العامود الداخلي الذي يحمل السلك الزنبركي بواسطة اليد ثم نضطه عند الصفر بواسطة المسمار الحلزني الدقيق الذي يوجد أسفل الزنبرك مباشرة.

٢- توضح قطعة المعدن في الكفة العليا (ب) ، وندير الرأس الكبيرة الحلزونية (ر) والمقياس المدرج من الجانبين والورنية الخارجية إلى أعلى ، حتى نعيد الدليل إلى الصفر مرة ثانية وفي هذا الوضع تسج الورنية الداخلية (ثابتة) القراءة "و" وعلى أحد التدريجين وهي تمثل مقدار الإستطالة في السلك الزنبركي نتيجة لوزن قطعة المعدن في الهواء. ويثبت المقياس المدرج عند هذه القراءة بواسطة مسمار حلزوني صغير (٦) عند الطرف السفلي للمقياس.

٣- ينقل المعدن بعد ذلك إلى الكفة السفلى (أ) حيث يغمس في الماء ، وتحرك الأنبوبة المستديرة الداخلية إلى أسفل بواسطة الرأس الكبيرة الحلزونية (ر) ، حتى يقرأ الدليل صفرا مرة أخرى. وأثناء هذه العملية تتحرك الورنية الخارجية (متحركة) إلى أسفل بالنسبة للمقياس المدرج (ثبتناه في المرحلة السابقة) ونأخذ قراءة هذه الورنية في هذا الوضع ولتكن "و¯" على التدريج الآخر ، وتمثل هذه القراءة مقدار الإستطالة في السلك الزنبركي نتيجة لوزن المعدن في الماء (أقل من الإستطالة الأولى بسبب ما فقده المعدن في الوزن نتيجة لغمسه في الماء) والقراءتين "و" ، "و¯" هما كل المعلومات اللازمة لحساب الوزن النوعي للمعدن ، إذ أن:

الوزن النوعي = الوزن في الهواء / ما يفقده الوزن في الماء = و/و¯

٢- طريقة استعمال قنينة الكثافة أو اليكنومتر

يستعمل اليكنومتر Pycometer لتعيين الوزن النوعي للقطع الصغيرة من المعادن والأحجار الكريمة. واليكنومتر قنينة صغيرة من الزجاج لها غطاء من الزجاج أيضا ذو ثقب صغير يمر بطول هذا الغطاء المخروطي الشكل. وفي هذه الطريقة يساوي وزن الماء المزاح قطعة المعدن. فإذا كانت:

- ن تدل على الوزن النوعي للمعدن.
- ث تدل على كثافة السائل المستعمل (١ في حالة الماء).
- و١ وزن اليكنومتر خاليا من الماء.
- و٢ وزن اليكنومتر وبداخله المعدن.
- و٣ وزن اليكنومتر وبداخله المعدن وممتلئا بالماء.
- و٤ وزن اليكنومتر ممتلئا بالماء فقط.
- فإن ن = ث (و٢ – و١)/ (و٤ – و٣) – (و٣ – و٢)

٣- طريقة إستعمال السوائل الثقيلة Use of heavy liquids

يعني الوزن النوعي للمعدن بمقارنته مباشرة بالوزن النوعي لسائل ثقيل. والقاعدة في ذلك بسيطة ، المعروف أن المعدن الثقيل يسقط إلى القاع إذا غمس في سائل وزنه النوعي أقل من الوزن النوعي للمعدن. فإذا رفعنا الوزن النوعي للسائل – ويحدث ذلك ، مثلا بأن نضيف سائلا أخر لـه وزن نوعي أكبر يذوب تماما في السائل الأولى – فإنه يمكننا أن نصل إلى درجة من الوزن النوعي للسائل الناتج الجديد بحيث إذا غمس المعدن فيه فإنه لا يسقط ولا يطفو ولكن يأخذا مكانا وسطا ، أي يظل معلقا في وسط السائل وفي هذه الحالة يكون الوزن النوعي للمعدن مساويا للوزن النوعي للسائل ، ويمكن في هذه الحالة تعيين الوزن النوعي للسائل بسهولة وذلك بواسطة إستعمال ميزان وستفال ، حيث يوضع السائل المراد تعيين وزنه النوعي في المخبار الذي يتدلى فيه الغاطس ، ثم توضع أثقال مناسبة على الذراع حتى يبقى الغاطس معلقا في السائل ، والميزان في حالة إتزان. ويقرأ الوزن النوعي من عدد ونوع وموضع الاثقال المستعملة ، ويكون هذا العدد هو نفسه الوزن النوعي للمعدن. وتستعمل السوائل الآتية في تعيين الوزن النوعي للمعدن:

- البروموفورم Bromoform ، وزنه النوعي ٢,٩.
- سائل ثوليت Thoulet's liquid (يوديد البوتاسيوم والزئبق). ووزنه النوعي ٣,١٧.
- يوديد الميثيلين Methylene iodide ، وزنه النوعي ٣,٢.
- محلول كليريشي Clerici's solution (مالونات وفورمات الثاليوم) ، وزنه النوعي ٤.

والمعروف أن السائلين (٢) ، (٤) يمكن تخفيضهما بواسطة إضافة الماء إليهما وبذلك يقل وزنهما النوعي ، ويستعاد تركيزهما بتبخير الماء أما السائل (١) فإنه يخفف بواسطة الكحول النقي ، بينما يخفف السائل الثالث (٣) بواسطة البترول أو الأثير. والوزن النوعي له أهمية كبيرة في التفرقة بين المعادن ، وبعد شئ من المران يمكن أن يتكون لجيولوجي المعادن خبرة وسرعة في تقدير الوزن لانوعي للمعدن بصفة تقريبية بواسطة اليد فنقول أن العدن ثقيل أو متوسط أو خفيف كما في التقسيم التالي الذي يساعد في التعرف على المعدن:

- المعدن خفيف إذا قل وزنه النوعي عن ٢,٤ ، الجرافيت.
- المعدجن متوسط إذا كان وزنه النوعي بين ٢,٤ ، ٣,٢ ، مثل الكوارتز.
- المعدن ثقيل إذا كان وزنه النوعي بين ٣,٢ ، ٥ مثل الباريت.

ويستفاد من إختلاف الوزن النوعي في فصل المعادن والخامات المعدنية وتركيزها. وتستغل الطبيعة أيضا هذا الإختلاف في الوزن النوعي في فرز المعادن. وتجميعها في أمكان مختلفة كل بحسب وزنه النوعي. فمثلا ، المعادن الثقيلة لا تنتقل مسافات كبيرة وتتركز بالقرب من مصادرها الأصلية ، أما المعادن الخفيفة فيمكن للسيول أو المياه الجارية أو حتى الرياح أن تنقلها إلى مسافات بعيدة عن مصادرها الأصلية وبذلك تفصلها عن المعادن الثقيلة. وأثناء تبلور المجما Magma – أي المادة المصهورة التي تتكون منها المعادن والصخور النارية – ترسب المعادن الثقيلة إلى القاع بينما تطفو المعادن الخفيفة وتبقى بالقرب من الجزء العلوي للجسم المتبلور.

٥-الخواص الحرارية Thermal properties

قابلية المعدن للإنصهار: Fusibility

إذا عرضنا قطعة صغيرة من المعدن لها حروف حادة للهب بواسطة ملقاط ، تلاحظ أن بعض المعادن تنصهر في لهب الشمعة ، في حين لا تنصهر معادن أخرى في مثل هذا اللهب ، ولكنها تنصهر في لهب مصباح بنزن ، ومعادن ثالثة تنصهر فقط في لهب البوري _لهب البنزن الممزوج بكمية من الهواء). ومعادن رابعة تستدير حوافها فقط في لهب البوري ، ومعادن أخيرة لا تنصهر بالمرة ولا تتأثر بلهب البوري ، وتعرف هذه الخاصية بإسم قابيلة المعدن للإنصهار.

وتعيين درجة الإنصهار للمعادن من الأمور الصعبة ، وليس له أهمية كبيرة في التعرف على المعادن ، ولكنه ذو فائدة وأهمية في الدراسات النظرية والمترو جرافية (دراسة الصخور) أما لقصد التعرف على المعادن بسرعة فنكتفي عادة بتعيين قابلية الإنصهار النسبية ، ويستعمل لهذا الغرض مقياس القابلية للإنصهار ، الذي حققه فون كوبل.

رقم المعدن درجة الإنصهار بالتقريب ملاحظات ١ ستبنيت ٥٢٥ ° مئوية ينصهر بسهولة في لهب الشمعة. ٢ كالكوبيريت ٨٠٠ ° مئوية تنصهر قطعة صغيرة منه في لهب البنزن. ٣ جارنت ١٠٥٠ ° مئوية لا ينصهر في لهب البنزن ولكن ينصهر في لهب البوري. ٤ أكتينوليت ١٢٠٠ ° مئوية تنصهر حافة رقيقة من المعدن بصعوبة في لهب البوري. ٥ أرثوكليز ١٣٠٠ ° مئوية تستدير حواف القطع الصغيرة بصعوبة في لهب البوري. ٦ برونزيت ١٤٠٠ ° مئوية لا ينصهر في لهب البوري ، وتستدير الحواف بصعوبة. ٧ كوارتز ١٧١٠ ° مئوية لا ينصهر بالمرة في لهب البوري.

٦- خواص فيزيائية أخرى

هناك خواص أخرى لم يرد ذكرها في أي من الأقسام السالفة مثل اللمس Feel والرائحة odour ، والمذاق taste. وهذه الخواص ولو أنها ليس شائعة أو مميزة في كثير من المحالات إلا أنها تكون في بعض الحالات مميزة وتساعد على التعرف على المعدن. ومن الأمثلة المعروفة المذاق المالح لمعدن الهاليت. ومن أمثلة الرائحة تلك الرائحة الكبريتية (رائحة ثاني أكسيد الكبريت) الناتجة من حك معدن بيريت Pyrite Fe A2 أو تسخين كثير من المعادن الكبريتية. ورائحة الثوم الناتجة من حك أو تسخين معدن أرسينوبيريت Arsenopyrite (Fe As S). ومن أمثلة الملمس ذلك الملمس الصابوني أو الدهني لمعدن التلك ، أو قد يكون الملس باردا مثل سطح الفلزات والأحجار الكريمة ، أو قد يكون خشبيا (مثل الياف الخشب) مثل معدن سبوديومين Spodumene (سليكات الألومنيوم والليثيوم).

أما خاصية النشاط الإشعاعي فتنتج عن إحتواء المعدن لبعض العناصر المشعة مثل اليورانيوم أو الثوريوم ، وفي هذه الحالة يصدر عن المعدن إشعاعات لا نراها أو نشعر بها ، ولكن إذا عرض المعدن للوح فوتوغرافي حساس فإن هذه الإشعاعات تؤثر على اللوح ، وتترك أثرا يمكن الكشف عن هذه المعادن المشعة بواسطة الألواح الفوتوغرافية الحساسة أو بواسطة أجهزة خاصة تتأثر بهذه الإشعاعات وتحولها إلى صوت يمكن سماعه بسماعة الجهاز ، أو تحوله إلى وميض ضوئي يمكن رؤيته. ومن أمثلة هذه الأجهزة عداد جيجر ، وهو جهاز صغير سحل الهمل في اليد ، ويساعد كثيرا في الكشف عن خامات المعادن المشعة على سطح الأرض. والمعروف أن ذرات اليورانيوم والثوريوم تتحل تلقائيا في الطبيعة وكذلك ذرات نظائر البوتاسيوم ٤٠ والروبيديوم ٨٧ . فأما ذرات اليورانيوم والثوريوم فإنها تتحول في النهاية إلى رصاص وغاز الهيليوم. وكما يتضح من المعادلات الآتية:

U298 → Ph206 + 8H4 U235 → Ph207 + 7H4 Th323 → Ph208 + 6H4

أما البوتاسيوم المشع فيتحول إلى كالسيوم وغاز الأرجون. كما في المعادلة :

K40 → Ca40 + A40

بينما يتحول الروبيديوم المشع إلى استرونشيوم

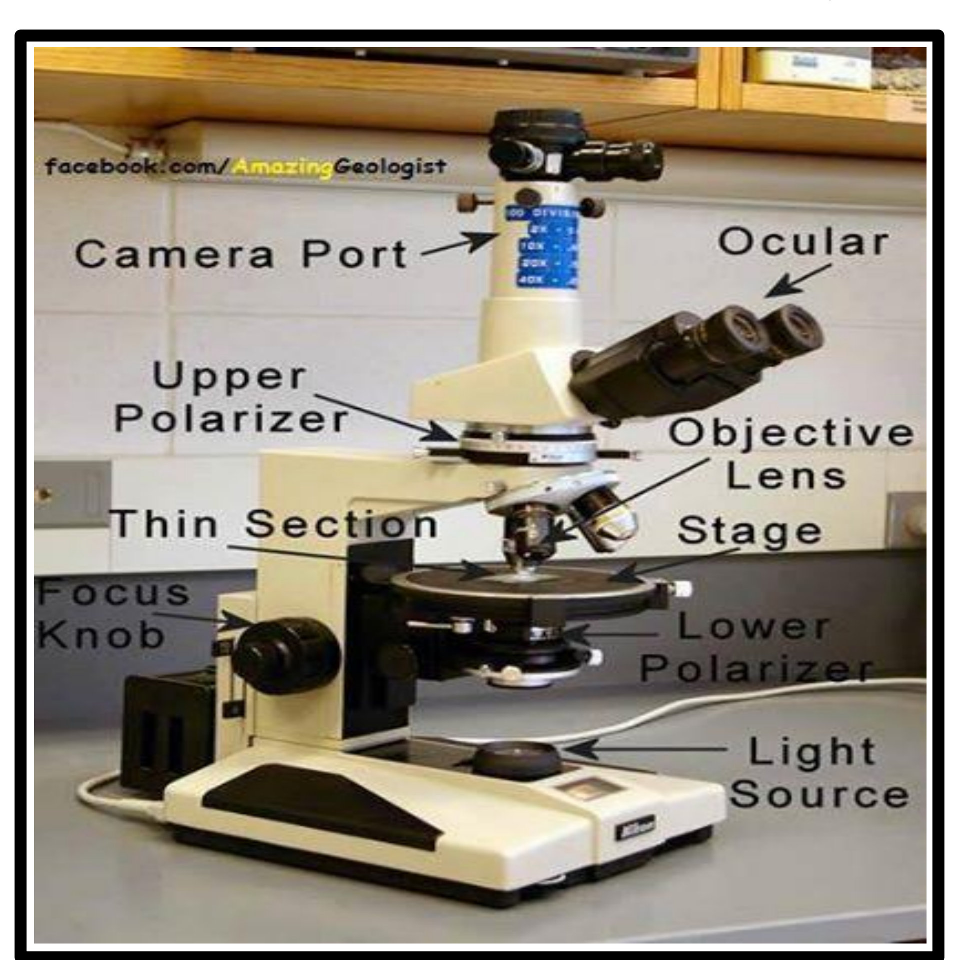
Rh87 → Sr 87

ولما كان معدل التحول من نظير آخر معروف بالنسبة للعنصر المشع ، فإنه يمكن بعملية حسابية تقدير عمر المعدن (وبالتالي عمر الصخور الذي يحتوي هذا المعدن) ، وقد أمكن تقدير عمر أقدم الصخور على سطح الأرض بحوالي ٣,٩ بليون سنة ، بينما قدر عمر بعض النيازك التي هبطت على الأرض من الفضاء بحوالي ٤,٦ بليون سنة. كما يقدر عمر الحصوات الصخرية التي جمعت من مادة القمر بحوالي ٤,٦ بليون سنة. كما قدر عمر الحصوات الصخرية التي جمعت من مادة القمر بحوالي ٤,٦ بليون سنة. وهذا يعني أن عمر المادة الصلبة في النظام لاشمسي الذي يضم الكواكب والأقمار ومن بينها الأرض وقمرها هو حوالي ٤,٦ بليون سنة.

خواص أخري:

١- خواص بصرية ميكروسكوبية: Optical microscopic properties

يقوم الميكروسكوب أساسا بعملية التكبير لصور الأجسام التي ترى من خلاله. وتتراوح نسبة التكبير للصورة ما بين عشرين ومائة مرة تبعا لقوة العدسات الشيئية والعينية المستخدمة في الميكروسكوب. وقد تصل قوة التكبير إلى أكثر من ألف مرة في حالة استخدام وسط زيتي بين الشيئية وسطح المعدن بدلا من الهواء. ويختلف الميكروسكوب الجيولوجي عن الميكروسكوب البيولوجي في أن له مسرحات يتحرك دائريا حول محور الميكروسكوب ، وليس ثابتا (كما هو الحالة في الميكروسكوب البيولوجي). كذلك يوجد في الميكروسكوب الجيولوجي أجهزة مستقطبة للضوء وعدسات إضافية ، كل ذلك لكي يناسب الميكروسكوب دراسة المعادن والصخور (خليط من المعادن) وهي مواد صلبة متبلورة تتفاعل مع الضوء المار بها أو الساقط على أسطحها المصقولة بطريقة تختلف تماما عن المادة الحية التي تتكون منها الكائنات الحية نباتية كانت أو حيوانية. ونتيجة لذلك يساعد الميكروسكوب الجيولوجي في التعرف على الخواص البصرية التفصيلية للمعادن التي يستحيل التعرف عليها بالعين المجردة.



ويمكن تلخيص الخواص البصرية والمعدنية التي يمكن مشاهدتها وتحقيقها بالميكروسكوب البتروجرافي (الميكروسكوب المستقطب) في حبيبات وبلورات المعادن المكونة للصخور والرواسب المعدنية المختلفة والتي قد تصل أبعدها إلى أقل من ملليمتر (مما لا يمكن مشاهدته بالعين المجردة) فيما يلي:

1-هيئة البلورة (منشورية ، هرمية ، إبرية .... الخ).
٢- الإنفصام ، الإنفصال ، الشروخ.
٣- التضاريس ، الحدود البصرية ، معاملات الإنكسار.
٤- المكتنفات (المحتويات) ، والتحلل ونواتجه.
٥- التوأمية وقوانين التوائم.
٦- خواص بصرية مثل ألوان التداخل والإنطفاء وعلامة الإستطالة وصور التداخل والعلامة البصرية والتفرق وهذه كلها تتوقف على فصيلة المعدن.

أما بالنسبة للمعادن المعتمة أي غير المنفذة للضوء ، مثل الذهب والجالينا والكالكوبيريت وسفاليريت وموليبدينيت وهي معادن مكونة لخامات فلزات الذهب والرصاص والنحاس والزنك والموليبدنوم ، على التوالي. فإننا نستعمل في هذه الحالة ميكروسكوب الخامات ، حيث يسقط الضوء – بواسطة جهاز ضوئي عاكس في الميكروسكوب – عموديا على سطح المعدن المعتم المصقول جيدا (في العادة ذي بريق فلزي أو شبه فلزي) ، ليرتد ثانيا إلى العين مكونا صورة مكبرة للسلطح الذي سقط عليه حيث تظهر في الصورة مجموعة المعادن المعتمة الموجودة في العينة ونسيجها. كما يتسنى لنا بالإستعانة بأجهزة إضافية توصل بالميكروسكوب من تعين خواص فيزيائية للمعدن المعتم مثل خاصية الإنعكاسية والصلادة الدقيقة (تعيين الصلادة بطريقة كمية) وذلك لحبيبات المعدن والتي قد لا يتجاوز أبعاد بعضها عن ملليمتر أو بعض ملليمتر وذلك بفضل قدرة الميكروسكوب على التكبير والتوضيح. ولا يخلو مختبر لدراسة المعادن الاقتصادية من مثل هذا الميكروسكوب والأجهزة الإضافية المتصلة به.

ويمكن تلخيص الخواص البصرية والمعدنية التي يمكن مشاهدتها وتحقيقها بميكروسكوب الخامات (الميكروسكوب العاكس) في حبيبات وبلورات المعادن المعتمة المكونة للخامات المعدنية فيما يلي:

١- هيئة البلورة (نصلية ، منشورية ، متساوية الأبعاد ... الخ).
٢- الإنفصام ، الإنفصال ، الشروخ ، التضاريس.
٣- الإنعكاسية (نوع وكمية الضوء المنعكس من سطح المعدن المصقول).
٤- الصلادة (صلادة الخدش) ، الصلادة الدقيقة.
٥- المكتنفات (المحتويات في الحبيبات) ، التحلل.
٦- التوأمية وخواص بصرية أخرى.
٧- إختبارات كيميائية مجهرية وإختبارات تأثير الكيماويات المختلفة على المعادن المختلفة.

٢- خواص ميكروسكوبية الكترونية: Electron Microscopy

يستخدم في الميكروسوكوب الاليكيتروني ، بصيص من الاليكترونات المندفعة تحت جهد كهربائي كبير (من ٤٠ إلى ١٠٠ كيلو فولت) من فتيل من التنجستن المسخن ، ويكون لها طول موجي في حدود ٠,٠٥ من الأنجستروم (أي جزء من مائة ألف جزء من طول الموجات المستخدمة في الميكروسكوب العادي). وبدلا من إستخدام عدسات زجاجية في الميكروكسوب العادي يستخدم الميكروسكوب الإلكتروني عدسات مغناطيسية تقوم بتركيز بصيص الالكترونات عن طريق مجالاتها المغناطيسية. ويعمل الميكروسكوب في نظام مفرغ من الغازات والأخبرة والذي يتراوح ضغطه ما بين جزء من ألف إلى جزء من مائة ألف من الميلليمتر زئبق (الضغط الجوي يعادل ٧٦٠ ملليمتر من الزئبق) ، ويقوم بهذا التفريغ طلمبة غازية خاصة بالجهاز.

يقوم الميكروسكوب الاليكتروني – في مجال علم المعادن – بدراسة الظواهر المورفولوجية للحبيبات المعدنية دقيقة التبلور. وؤدي هذه الدراسة إلى كشف التفاصيل في البناء الدقيق للمعادن ، والذي قد يصل في صغر أبعاده إلى ما يقرب من عشرة أنجستروم (جزء من عشرة ملايين جزء من المليمتر). وعلى ذلك فإن الميكروسكوب الالكتروني يقوم في المقام الأول بعملية التكبير ، وبالتالي توضيح التفاصيل القديقة. وتصل قوة التكبير بالميكروسكوب الالكتروني إلى مائة ألف مرة أو يبزد. وهناك نوع متطور من الميكروسكوب الالكتروني يعرف باسم الميكروكسوب الاليكتروني المساح ، ويمتاز عن الميكروسكوب الالكترون العادي بإمكانياته الكبيرة للتكبير لمساحات أكبر من سطح الجسم المراد تصويره ، وبذلك يتيح لنا دراسة واضحة مكبرة تبدو وكأنها مجسمة في الأبعاد اثلاثة مما يساعد على تحقيق للحبيبات المجهرية الدقيقة جدا والتعرف على مكوناتها وهيئتها وأشكالها.

٣- خواص حيود الأشعة السينية: X-Ray diffraction

يستخدم في تعيين هذه الخواص جهاز التحليل بالأشعة السينية : حيث تتولد الأشعة السينية التي يتراوح طول موجاتها من ٠,٠٢ إلى ١٠٠ وحدة أنجستروم ، نتجة لارتطام الاليكترونات الصادرة من فتيل ساخن للتنجستن (الكاثود) المندفعة تحت جهد عالي (٤٠ كيلو فولت) بفلز الأنود (Target) الذي قد يكون تنجستن أو حديد أو موليدنوم أو نيكل. وتتوقف طول الموجات الناتجة عن نوع فلز الأنود. وفي العادة تستخدم الموجات التي يقرب طولها من واحد أنجستروم في دراسة البناء الذري للمعادن والتعرف عليه. في حين أننا نستعمل في الميكروسكوب الجيولوجي موجات الضوء التي يتراوح طولها بين ٤٠٠٠ ، ٧٢٠٠٠ أنجستروم.

وتبعا لقانون بلانك نجد أن موجات الأشعة السينية أكبر طاقة وتعمقا من موجات الضوء المنظور. ولما كان طول موجات الأشعة السينية يتناسب مع أبعاد المسافات بين المستويات الذرية في البناء البلوري للمعادن (كلاهما يقاس بوحدات أنجستروم) فإن هذا يؤدي إلى حيود الأشعة السينية بمجرد مرورها في بلورات المعادن لتنتج لنا صورا أو تسجيلا لمنحنيات تعبر تعبيرا صدقا – بعد تحليلها بطرق علمية خاصة – عن

البناء الذري المنتظم لبلورة المعدن.وضع الإختبار ، مما يؤدي إلى تحقيق المعدن والتعرف عليه ، بل ويتعدى الأمر إلى إمكانية تعيين الأبعاد المطلقة للوحدة البنائية التي تتكون منها بلورة المعدن ، وعناصر التماثل المعبرة عن توزيع الذرات داخل الوحدة النبائية ، وأخيرا تعيين نمواقع الذرات داخل الوحدة البنائية – أي تعيين البناء الذري للمعدن – وهو ما يصبو إليه عالم المعادن.

٤- خواص الوحدة المكونة للشق الحامضى للمعدن:

(سليكات ، فوسفات ، كبريتات ، كربونات ، نترات ، كبريتيدات ، الخ) يستخدم لهذا الغرض جهاز التحليل الطبقي الإمتصاصي بالاشعة تحت الحمراء. والأشعة تحت الحمراء المتسخدمة في هذا الجهاز ذات موجات أطول من الموجات الحمراء (نهاية الطيف الضوئي المنظور) وبالتالي لها طاقة أقل منها (تبعا لقانون بلانك (وهذ الموجات ينتج عن تفاعلها بمجموعة الذرات والجزيئات الداخلة في التركيب الكيميائي للمعدن والمواد الصلبة بصفة عامة) أنماط خاصة من الذبذبات والدورانات ، تسجل في لوحة بيانية في الجهاز في هيئة منحنيات ذات أشكال معينة. هذه المنحنيات هي "صورة" أو "بصمة" ، القانون التركيبي لملعدن وذلك دون اللجوء إلى الإختبار أو التحليل الكيميائي. ونظرا لتناسب أطوال الموجات تحت الحمراء المستخدمة مع أبعاد الذرات "والجزيئات" في الوحدة الكيميائية في تركيب المعدن ، فإن "الصورة" الناتجة عن عملية إمتصاص الطاقة الموجية المستخدمة بواسطة الوحدة الكيميائية تعتبر مميزة لهذه الوحدة الكيميائية وبالتالي تساعد في تحقيق المعدن.

٥- خواص التحليل الحرارى التفاضلى: (Differential Thermal Analysis A.T.A.)

يستخدم في هذا الإختبار جهاز التحليل الحراري التفاضيلي ، ويتم في هذه التجربة تسخين مسحوق المعدن تسخينا متدرجا في فرن كهربائي إلى ما يقرب من ألف درجة مئوية أو يزيد. ويسجل ما يحدث من تغيرات في البناء الذري للمعدن وتركيبه الكيميائي وذلك بالمقارنة بمسحوق كيميائي خامل لا يتأثر بالتسخين. عن طريق إستخدام توصيلة كهربائية بين الإثنين من نوع ما يعرف باسم "Differential thermocouple" . ويظهر هذا التسجيل في صورة منحنى ، ذي قمم عليا (إعطاء حرارة) وقيعان سفلى (إمتصاص حرارة) ، ولما كان لكل معدن منحنى مميز ، فإنه يستنى بذلك تحقيق المعدن.

يتناول علم المعادن **science of metals** ضمن إطار «علم التعدين الفيزيائي» البنيةَ البلوريةَ للمعادن، والطرائق المختلفة لدراسة بنية المعادن والسبائك (الخلائط) «الميتالوغرافيا» **metallography**، والصفات الفيزيائية والميكانيكية للمعادن والسبائك المعدنية، ومخططات الأطوار للسبائك المعدنية، والمعالجة الحرارية للمعادن، والمعالجة الميكانيكية للمعادن، وتآكل المعادن في الأوساط الجافة والمائية وطرق الوقاية منها. وهكذا فإن علم التعدين الفيزيائي **physical metallurgy** يعنى بدراسة بنية المعادن والسبائك المعدنية، تكوينها وصفاتها، والتأثير المتبادل فيما بينها الذي يعدّ الأساس الذي تقوم عليه المعالجة الحرارية للمعادن والسبائك المعدنية ودراسة تحولاتها الطورية.

يشمل علم المعادن أيضاً استخلاص المعادن من خاماتها في الأفران التعدينية باستخدام مختلف طرائق الإرجاع وطرائق التعدين المائي hydrometallurgy والكهربائي electrometallurgy، إضافة إلى عمليات التنقية المختلفة للمعادن، ضمن إطار «علم التعدين الكيمياوي».

تقانات علم المعادن . طرائق دراسة بنية المعادن والسبائك المعدنية (الميتالوغرافيا)

تقدم الميتالوغرافيا صورة واضحة للبنية يمكن من خلالها الربط بين صفات المعدن وبنيته. فيمكن من خلال الفحص المجهري دراسة البنية الحبيبية للمعدن أو السبيكة والتعرف على نمط توزع مختلف الأطوار والشوائب المعدنية التي تؤثر إلى حد كبير في صفات المعدن. وتوضح البنية الميكروية (المجهرية أو الصغرية) أيضاً تأثير المعالجة الحرارية والميكانيكية في بنية المعدن (أو السبيكة)؛ ما يتيح إمكانية التنبؤ بسلوكه عند تواجده في بيئة معينة.

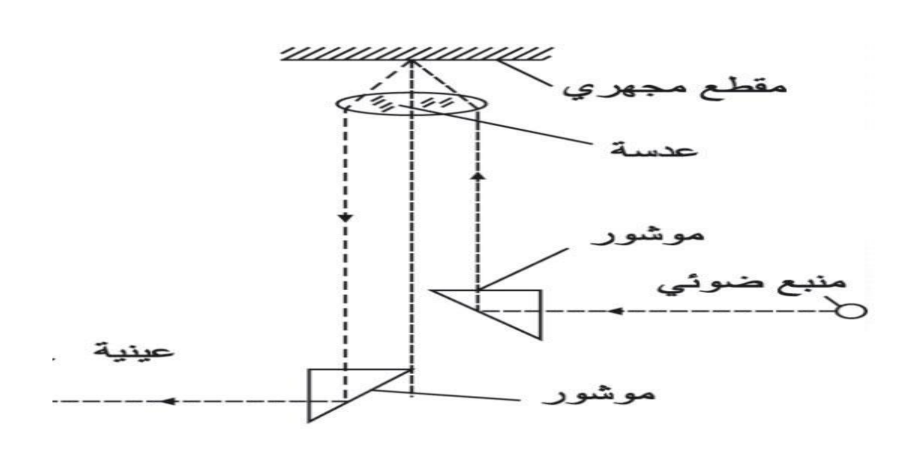
أولاً: الماكروغرافيا (الطريقة الماكروئية لدراسة بنية المعادن والسبائك)

تستخدم هذه الطريقة لدراسة البنية الماكروئية (الكبرية) للمعادن والسبائك المعدنية بالعين المجردة أوبعدسة مكبرة. وتقدم هذه الدراسة تصوراً عاماً حول كل من شكل الحبيبات وحجمها وأبعادها ونظم توزعها في صبّات المعادن والبنية الليفية للمعادن بعد إخضاعها لعمليات التشكيل وكذلك عدم التجانس الناجم عن توزع مكونات معينة أثناء تصلب السبائك. تجرى الدراسة على سطح المعدن مباشرة أو على سطح مكسر لقطعة منه، إلا أنها تتم عادة باقتطاع عينات من كتلة المعدن وتعريضها بعد صقل أحد سطوحها لعامل كيمياوي يقوم بإذابة مكونات العينة وتلوينها بدرجات متفاوتة. فلتكوين فكرة حول نمط توزع الكبريت في الفولاذ، على سبيل المثال، تطبق ورقة تصوير مبللة بمحلول حمض الكبريت على سطح العينة- الذي تم صقله وتخريشه مسبقاً- فتسود ورقة التصوير في المناطق الغنية بالكبريت (بسبب تشكل Ag_2S).

ثانياً: الميكروغرافيا (الفحص المجهري لبنية المعادن)

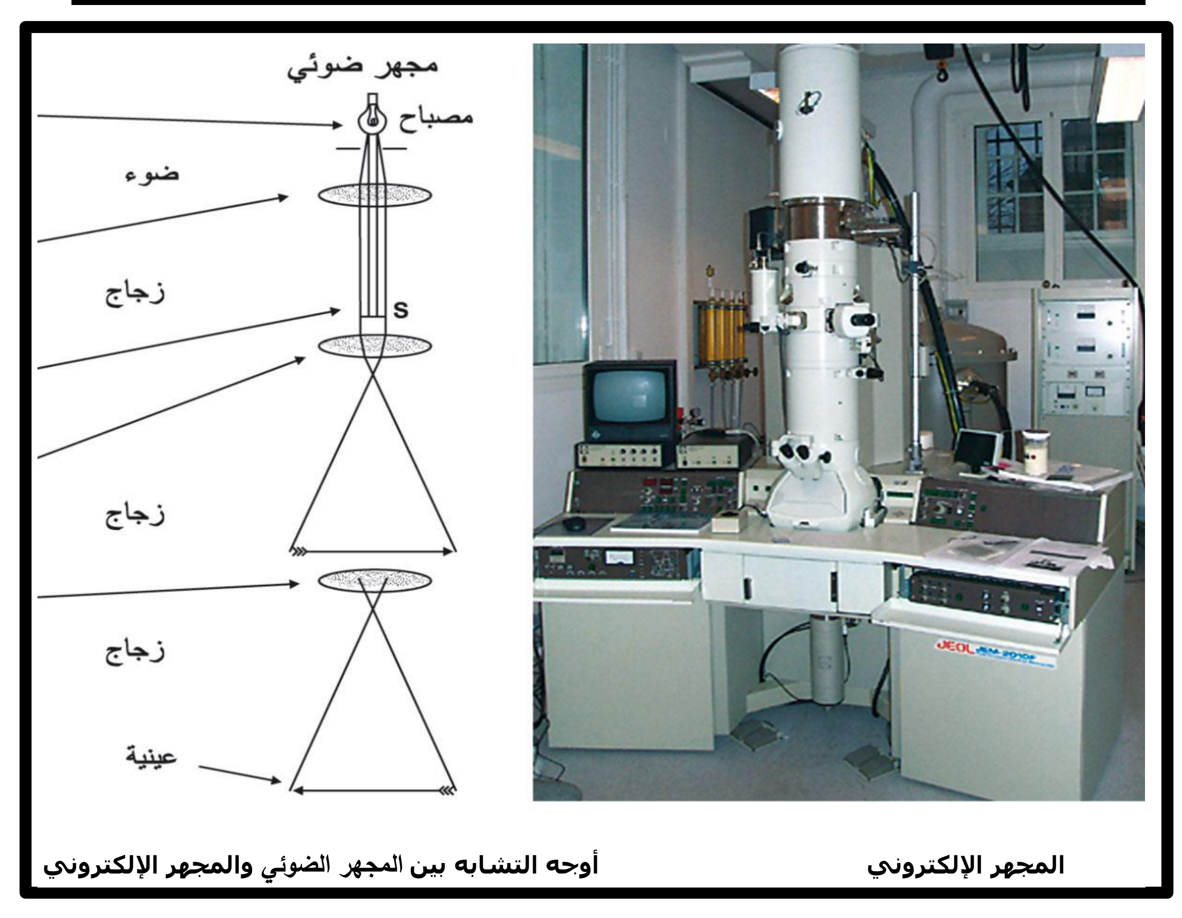
١- المجهر التعديني (الضوئي)_metallurgical (light) microscope

الجملة الضوئية للمجهر التعديني



يعد المجهر التعديني الوسيلة الأساسية لدراسة بنية المعادن والسبائك المعدنية، ويختلف عن المجهر الضوئي العادي بطريقة إنارة المقطع المجهري، فهي تتم بضوء منعكس بسبب عدم إمرار المعادن للضوء. يراوح تكبير المجهر التعديني بين ٧٥ – ١٥٠٠مرّة، ويتيح مشاهدة مكونات بنيوية تبلغ أبعادها نحو ٠,١٥ – ٠,٢ميكرون وإمكانية الحصول على صورة لسطح المعدن. وقبل إجراء الفحص المجهري لعينة من المعدن أو السبيكة يجب إعدادها جيداً بهدف الحصول على سطح مرآوي مستوٍ وخالٍ من الخدوش والأثلام، ويتم ذلك بصقل سطح العينة ثم تلميعه (صقله ناعماً) على قرص دوار مغطى بقماش يحمل دقائق من مادة قاسية (Al_2O_3 أو Cr_2O_3 وغيرها). وبهدف إظهار السمات البنيوية لسطح المعدن يعرّض سطح المقطع المجهري «microsection» بعد تلميعه للتظهير (التنميش) بتخريش «etching» سطحه باستخدام عوامل كيمياوية مناسبة (محلول كحولي يحوي ٤– ٥٪ من HNO_3 أو حمض البيكريك في حالة الفولاذ)، ويمكن زيادة تكبير المجهر التعديني باستخدام الأشعة فوق البنفسجية بدلاً منالضوء المرئي، وتستخدم هذه الطريقة لدراسة بنية السبائك عديدة الأطوار نظراً لاختلاف معامل الانعكاس باختلاف طبيعة الطور.

٢–المجهر الإلكتروني إن العدسات في المجهر الإلكتروني electron microscope هي حقول مغنطيسية عالية الشدة تولّدها وشائع يمر فيها تيار مستمر، ويتم تسريع الإلكترونات التي يصدرها سلك مسخن من التنغستن بإمرارها في حقل كهربائي. ونظراً لعدم تمرير المقطع المجهري للمعدن أو السبيكة للإلكترونات تحضَّر رقاقة من مادة راتنجية (غرائية) أو من البلاستيك أو الكربون تحمل على سطحها كل التفاصيل البنيوية تدعى «الطبعة» replic (بجعل بخار الكربون مثلا يتوضع بهيئة طبقة رقيقة على سطح المقطع ثم تنزع عنه). وبمرور حزمة الإلكترونات عبر الطبعة (قد ينتشر بعضها أو يمتص) يتشكل خيال أكبر بنحو ٤٠ مرة، يكبّر جزء منه عدة مرات، فيظهر على شاشة تلفازية وقد تم تكبيره نحو ٢٠٠٠–١٠٠٠٠٠ مرة. وباستخدام التقانات الحديثة أصبح ممكناً في الوقت الحاضر تحضير رقاقة سماكتها نحو ١٠٠نانومتر من المعدن أو السبيكة وتعريضه للفحص المجهري مباشرة في المجهر الإلكتروني النافذ transmission electron microscope، واختصاره TEMالذي يعد من أهم التقانات في علم المعادن. أما في المجهر الإلكتروني الماسح microscope electron scanning، واختصاره SEM، حيث تستخدم العدسات الإلكترونية لمسح سطح العينة بحزمة ضيقة من الإلكترونات وليس للتكبير، فيمكن الحصول على صور تبين توزع العناصر في السبيكة وإجراء تحليل كمي موضعي للعينة.



المجهر الإلكتروني

أوجه التشابه بين المجهر الضوئي والمجهر الإلكتروني

٣-انعراج الأشعة السينية:

تقوم طريقة التحليل البنيوي على أساس انعراج الأشعة السينية عن صفوف الذرات في الشبكة البلورية. وتبدو هذه الظاهرة كما لو أن الأشعة السينية قد انعكست عن المستويات الذرية. فعند توجيه حزمة ضيقة من الأشعة السينية إلى العينة (مسحوق) تشكل بانعكاسها ما يدعى مخروط الانعكاس (سلسلة من الأقواس المتناظرة أزواجاً) على شريحة حساسة من فلم تصوير دائرية الشكل تحيط بالعينة. وبقياس المسافة بين الخطوط المتناظرة يمكن وصف الشبكة البلورية للمعدن المدروس. ولتعيين التحولات الطورية في معدن أو سبيكة ينبغي تعيين عدد الخطوط في الصورة الشعاعية وأشكالها ومواضعها ومدى تماثلها بدرجة العتامة.

طرائق الفحص في علم المعادن:

أولاً: الاختبارات الميكانيكية للمعادن والسبائك المعدنية

بهدف منع الإجهادات التي تنشأ في المعدات المعدنية عند الاستخدام من تجاوز الحدود المسموح بها، يجب اختيار المعدن المناسب لصنع أجزاء مختلف التصميمات الهندسية أو إجراء المعالجة الحرارية المجدية. ويقتضي ذلك التعرف على الصفات النوعية للمعادن من خلال الاختبارات الميكانيكية:

١- اختبارات القساوة hardness tests

تعبّر القساوة عن مقاومة المعدن للاختراق من قبل جسم آخر أقسى منه. لا تعد القساوة صفة أساسية للمعدن، إلا أن ارتباطها بخاصيتي اللدونة plasticity والمرونة elasticity يؤكد عدم استقلالها عن الصفات الميكانيكية الأخرى، ويجعل تقدير بعض هذه الصفات (مقاومة الشد على سبيل المثال) ممكناً من خلال اختبارات القساوة البسيطة والسريعة.

يتم اختبار القساوة بالضغط على جسم قاسٍ ذي شكل هندسي ملائم (كرة فولاذية، مخروط من الألماس) لإرغامه على الانغراس في العينة المدروسة تحت تأثير حمولة ثابتة، ويتم ذلك باستخدام مكبس هيدروليكي. وبغض النظر عن نوع الاختبار، يتم التعبير عن القساوة بعدد يتناسب عكساً مع عمق الأثر (أو الطبعة) الذي يتركه الجسم المستخدَم للانغراس على سطح العينة عند حمولة ثابتة، أو يتناسب طرداً مع الحمولة الوسطية التي أدت إلى حدوثه. وفيما يأتي عرض موجز لأكثر اختبارات القساوة شيوعاً.

أ- اختبار برنل Brinell hardness test: يتم الاختبار بإرغام كرة من الفولاذ (قطرها ١٠مم) على اختراق سطح العينة تحت تأثير حمولة قدرها ٣٠٠٠ كغ في حالة المعادن الحديدية، ثم يقاس قطر الأثر الذي تتركه الكرة على سطح العينة بعد إبعاد الحمولة. ويعبر عن عدد القساوة في اختبار برنل بحاصل قسمة الحمولة (كغ) على مساحة الطبعة (مم^2). ويشار عادة إلى قساوة مادة بعدد القساوة متبوعا بالرمز HB وهو مختصر Brinell Hardness number مع الإشارة إلى قطر الكرة والحمولة وزمن تطبيقها.

يمكن للكرة الفولاذية المستخدمة جسماً ضاغطاً أن تتعرض للتشوه عند إجراء اختبار برنل على مواد قاسية نسبياً؛ ما يؤدي إلى قياسات خاطئة. ولهذا السبب، يفضل عدم استخدام اختبار برنل لمواد يتعدى عدد قساوتها القيمة ٤٥٠، وقد أمكن باستخدام كرة من كربيد التنغستين جسماً ضاغطاً رفع سقف القياس في اختبار برنل حتى القيمة ٦٥٠ لعدد القساوة.

ب- اختبار روكويل Rockwell: تقاس القساوة في هذا الاختبار بتعيين عمق الأثر (وليس قطره) الذي تتركه كرة من الفولاذ القاسي أو مخروط من الألماس زاويته الرأسية ١٢٠° على سطح العينة. ويتم الضغط على طرف المخروط أو الكرة بتطبيق حمولة تمهيدية صغيرة مقدارها ١٠كغ (لتعيين نقطة البداية للقياس) يتلوها تطبيق الحمولة الرئيسة وقدرها ٩٠كغ (بحيث يصبح المجموع ١٠٠كغ)، وتزاح الأخيرة ويقرأ عدد القساوة Rc وهو اختصار لكلمة Rockwell ويشير إلى وحدة روكويل، الذي يعبر عن الفرق في عمق الأثر الذي تبلغه الحمولتان. يشيع استخدام اختبار روكويل في الصناعة لسهولة إنجازه ودقته وصغر الأثر المتروك على العينة.

تتنوع الأجسام الضاغطة وكذلك الحمولات المستخدمة في اختبار روكويل، ويوافق كل منها سلماً معيناً للقياس. ففي السلم A يستخدم مخروط ألماسي جسماً ضاغطاً وحمولة تساوي ٦٠كغ؛ أما في

السلم **B** فتستخدم كرة قطرها ١٦/١ إنش (١,٥٨٧٥مم) وحمولة قدرها ١٠٠ كغ أما في السلم **C** فيستخدم مخروط من الألماس وحمولة قدرها ١٥٠كغ. وينبغي ذكر السلم المختار للقياس عند ذكر قيمة عدد القساوة.

تقاس القساوة في اختبار روكويل حتى القيمة ٦٧ لعدد القساوة (٦٧ وحدة روكويل) عند استخدام مخروط من الألماس جسماً ضاغطاً، في حين تقاس حتى ١٠٠ وحدة روكويل عند استخدام كرة من الفولاذ كجسم ضاغط. وتجدر الإشارة إلى إمكانية تحويل عدد القساوة في اختبار برنل إلى القيمة الموافقة في سلم روكويل باستخدام جداول خاصة.

ج- اختبار فيكرز Vickers: يستعمل للقياس هرم من الألماس ذو قاعدة مربعة الشكل، تكون الزاوية بين وجهين متقابلين منه ١٣٦° ، وتراوح الحمولة بين ١-١٢٠كغ. وكما في طريقة برنل يتم التعبير عن عدد القساوة بدلالة الحمولة ومساحة الأثر (هرم مقلوب) الذي يتركه الجسم الضاغط. فيقاس قطر القاعدة للأثر ثم يحول إلى عدد القساوة **HV** وهو اختصار لـ: **Vickers Hardness number** بالعودة إلى الجداول. يمكن استخدام اختبار فيكرز لتعيين قساوة مقاطع رقيقة، ولدقته وحساسيته وسهولة إجرائه فهو يستخدم لتعيين القساوة في خطوط الإنتاج.

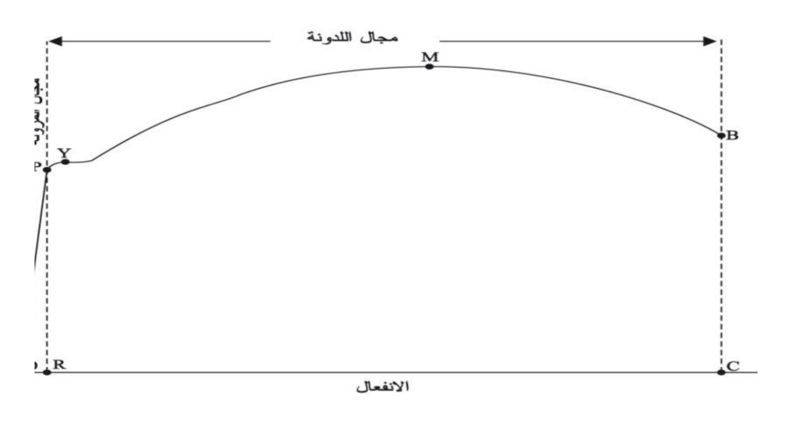
يتم التعبير عن القساوة المقيسة في اختباري برنل وفيكرز باستخدام الواحدات ذاتها، وتتفق القساوة في هذين الاختبارين عند قياس القساوة ضمن مجال يمتد حتى القيمة ٤٠٠ لعدد القساوة، ثم يصبح عدد القساوة في سلم فيكرز أعلى منه في سلم برنل عند تخطّي هذه القيمة.

د- اختبار القساوة الميكروية microhardness test: إن تسمية هذا الاختبار مضلّلة إلى حد ما، فقد توحي للوهلة الأولى إلى استخدامه لقياس قساوات منخفضة، مع أنه يشير إلى ضآلة المسافة التي يتغلغل بها الجسم الضاغط داخل العينة. وللجسم الضاغط المستخدم نموذجان فيكرز وكنوب **Knoop**، والجسم الضاغط في كل منهما هرم من الألماس، إلا أن الهرم المستخدم بطريقة كنوب يترك على سطح العينة أثراً يمتاز بقطر كبير وآخر صغير بحيث تكون النسبة بينهما ١/٧. وكما في طريقة فيكرز يجري التعبير عن عدد القساوة في طريقة كنوب **HK** وهو اختصار لـ: **Knoop Hardness number** بتقسيم الحمولة (تراوح بين ١- ١٠٠٠غ) على مساحة الطبعة، ولذا يقاس القطر الكبير للطبعة باستخدام المجهر التعديني (الذي يعد الجزء الأساسي لجهاز القياس) أو صورة المقطع المجهري، ثم يحوَّل باستخدام الجداول إلى عدد القساوة **HK**. يعدّ اختبار القساوة الميكروية اختباراً مخبرياً، ولصغر الحمولات المستخدمة فهو يستخدم لاختبار طبقة الطلاء الغلفاني للمعادن والمنتجات المعدنية الدقيقة، إضافة إلى استخدامه لتعيين قساوة مكوِّنات البنية المجهرية للمعادن والسبائك (الحبيبات والحدود فيما بينها، والأطوار الموجودة فيها).

هـ - اختبار الخدش (اختبار Mohs): يشتمل سلم القساوة الذي وضعه **F.Mohs** على عشرة فلزات **minerals** مختلفة ثم ترتيبها وفقاً لتزايد قساوتها من واحد حتى عشرة. يبدأ هذا السلم بالتلك **talc**،

سيلكات المغنزيوم المائية، (١)، ويليه الجبس $CaSO_4.2H_2O$ gypsum ن(٢) وهكذا صعوداً حتى الكورندم corundum (أكسيد الألمنيوم Al_2O_3 الطبيعي) (٩) والألماس (١٠). فإذا أمكن خدش مادة مجهولة عند حكها بالمادة رقم ٧ وتعذّر خدشها بالمادة رقم ٦ فإن قساوتها تقع بين القيمتين ٦ و٧. يستخدم اختبار Mohs في علم الفلزات على نطاق واسع إلا أنه نادر الاستخدام في مجال علم التعدين.

كما تدل العلاقات التقريبية بين سلالم القساوة المختلفة، فإن تغير القساوة من ٦ إلى ٧ في سلم Mohs يوافق تغيراً في عدد القساوة في سلم برنل من ٣٠٢ حتى ٤٤٤ (باستخدام كرة فولاذية يراوح قطرها بين ٢,٥ – ٣,٥ مم وحمولة قدرها ٣٠٠٠كغ)، وتغيراً في قساوة فيكرز من ٣١٩ حتى ٤٧٤. وأما في سلم روكويل فإن عدد القساوة يتغير من ٣٢,١ حتى ٤٧,٢ وذلك باستخدام مخروط من الألماس وحمولة قدرها ١٥٠كغ.

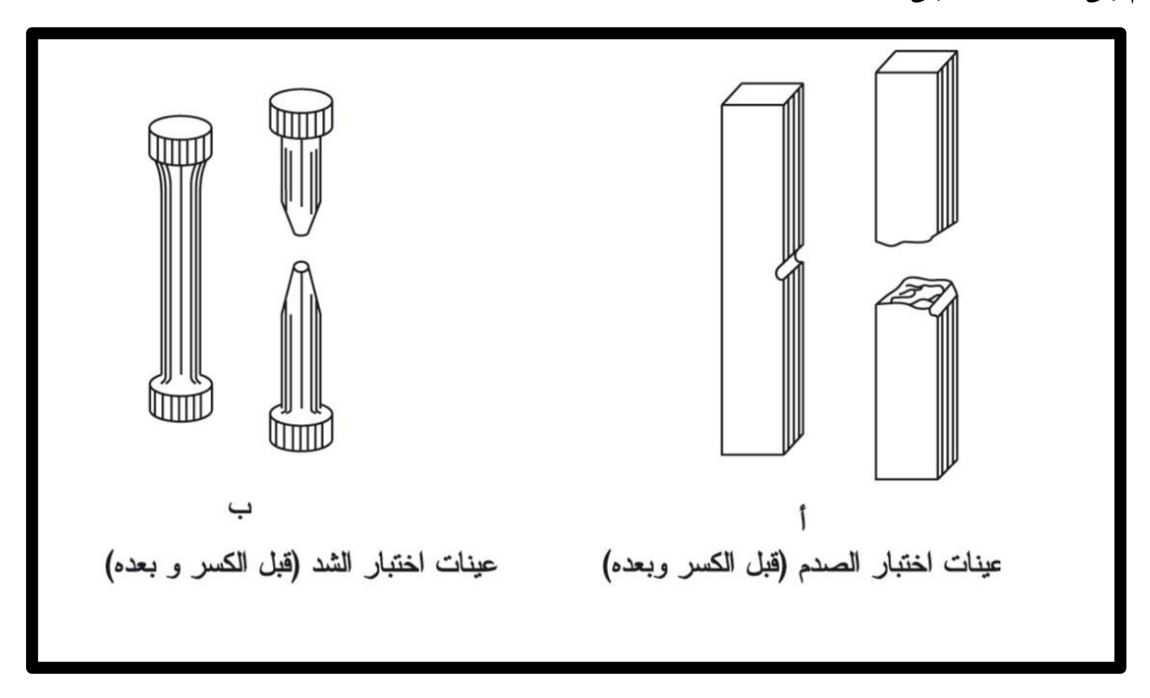


المخطط إجهاد – إنفعال

– اختبار الشد tensile test للمعادن والسبائك المعدنية:

عند تعرض جسم لقوى خارجية تسعى إلى تغيير شكله وأبعاده، فإن الجسم يقاوم فعل هذه القوى. تدعى المقاومة الداخلية التي يبديها الجسم «الإجهاد»stress، ويدعى التغير في الأبعاد «التشوّه» أو الانفعالstrain. يجرى اختبار الشد باستخدام آلة خاصة على عينات أسطوانية أو مسطّحة يتم إعدادها بطريقة خاصة. تثبت العينة من طرفيها (طول العينة ٢٠٠مم، قطر مقطعها ٢٠مم) في آلة الاختبار، ثم تشد نحو الأعلى (بتثبيت الطرف السفلي) بتطبيق الحمولة تدريجياً على طول محور العينة بوساطة مكبس هيدروليكي حتى تمام تمزق العينة (إلى نصفين). يقاس مقدار الاستطالة (أو التشوه) من أجل كل قيمة للحمولة أو تسجل قيمة الحمولة ومقدار الاستطالة باستخدام تجهيز خاص يرسم مباشَرة المخطط إجهاد–انفعال stress–strain الذي يمثل الحمولة بدلالة الاستطالة.

تزداد استطالة العينة طرداً مع الحمولة مع بدء التحميل (المستقيم OP). ويدعى الإجهاد الأعظمي الموافق للنقطة P التي تظل العلاقة إجهاد– انفعال خطية حتى بلوغها حد التناسب proportional limit، وتعيَّن قيمته بتقسيم الحمولة (مقدرة بالنيوتن) على مساحة المقطع الأصلي للعينة (م^{٢}).إذا كان إجهاد العينة أقل من حد التناسب فإن التشوه يكون مرناً ويختفي فور إزاحة الحمولة. وعملياً يمكن القول إن لحد التناسب وحد المرونة القيمة ذاتها من أجل كثير من المعادن. ويُعد حد المرونة أو حد التناسب سمة أساسية للمعدن يؤخذ بها عند تصميم مختلف الآلات، فيراعى دوماً عدم تجاوز الإجهاد حد المرونة في المعدن الذي تصنع منه. وإذا تعدَّى الإجهادُ حدَ التناسب فإن العلاقة الخطية لن تعود قائمة، ويدوم التشوه بعد إزاحة الحمولة، وتصبح النقطة P نقطة انعطاف ينحني بعدها المستقيم OP مشكلاً عتبة أفقية نسبياً عند حمولة معينة. يدعى الإجهاد الموافق للنقطة Y نقطة الاستسلام (أو الخضوع) yield point وتعبِّر عن الإجهاد الذي يتشوه عندها المعدن من دون أي تغير ملحوظ في الحمولة (يستسلم). وتؤدي الزيادة اللاحقة للحمولة إلى تزايد الاستطالة على طول YM وتخصّر العينة (تناقص مساحة المقطع في منطقة الشد) على طول MB ومن ثم إلى تمزق العينة إلى قسمين.



عينات اختبار الشد (قبل الكسر و بعده) عينات اختبار الصدم (قبل الكسر وبعده)

يدعى الإجهاد الأعظمي الذي يستطيع المعدن مقاومته من دون أن يتمزق مقاومة الشد القصوى ultimate tensile strength وتعين بتقسيم الحمولة الأعظمية التي توافق النقطة M على مساحة المقطع الأصلي للعينة. وتجدر الإشارة إلى أن المواد القصيفةbrittle تنكسر عند بلوغ النقطة M، في حين تستمر المواد ذات اللدونة (قدرة المعدن على التشوه غير المرن من دون أن يتمزق) العالية بالامتطاط. يدعى الإجهاد الموافق لكسر العينة (النقطة B) مقاومة الكسر، ويعيَّن بتقسيم الحمولة التي أدت إلى الكسر على مساحة المقطع الأصلي للعينة، وتكون مقاومة الكسر أصغر دوماً من المقاومة القصوى، أما في حالة المواد القصيفة فتكونان متساويتين. وتعد استطالة العينة في اختبار الشد قياساً للدونة المعدن، إذ تعبر

مطيلية ductility المعدن عن قدرته على التشوه اللدن من دون أن ينكسر، وتعيّن بمقدار الاستطالة النسبية للعينة معبراً عنها بنسبة مئوية أو بالتناقص النسبي لمساحة مقطع العينة في اختبار الشد.

٣- اختبار الصدم impact test: يجرى هذا الاختبار على عينة (قطعة من المعدن المدروس طولها ٦٠مم ذات مقطع مربع من جانبيها طول ضلعه ١٠مم) تم حزها (على شكل حرف V) في منتصف أحد وجوهها الجانبية ، تثبت من طرفيها ثم تعرّض للصدم (في الموقع الذي يحوي الحز بطريقة إيزوت Izot وفي الجانب المقابل بطريقة شاربي Charpy) بجعل نواس ثقيل (يتصل بمطرقة) يهوي عليها من ارتفاع قياسي معين يختلف باختلاف طبيعة العينة .يستخدم النواس جزءاً من طاقته لكسر العينة ويرتد حتى ارتفاع أقل من السوية التي كان عندها قبل الصدم. ويمثل جداء الثقل والفرق بين الارتفاع البدائي والارتفاع بعد الصدم، العمل (الطاقة) المبذول لكسر العينة. ويعبر مقدار الطاقة المناسب لكسر العينة عن المتانة النسبية للمعدن، فتزداد متانة المعدن بازديادها. وهكذا فإن الاختبار لا يعطي المتانة toughness الحقيقية للمعدن وإنما يدل على نمط سلوكها بوجود حز أو شرخ معين، فهو يصلح لأغراض المقارنة الوصفية للمواد في ظروف تشغيل تماثل هذا الاختبار. تُمثّل مقاومة العينة للكسر بحاصل قسمة العمل المبذول لكسرها على مساحة مقطع العينة في مكان الكسر.

٤- اختبار الكلل fatigue test: يجرى كسر العينة في اختبار الشد بتطبيق إجهادات تفوق المقاومة القصوى، ومع ذلك يمكن أن يحدث الكسر بوجود إجهادات أخفض منها بكثير - من دون أن يلاحظ أي تشوه في العينة - إذا تغيرت الحمولة (أو الإجهادات) وتكرر تأثيرها عدداً كبيراً من المرات. تدعى هذه الظاهرة كلل المعدن، وتبدأ بتصدع دقيق ينمو تدريجياً تحت تأثير الإجهادات المتكررة.

يجري اختبار التحمّل endurance test بتعريض العينة لحمولة يتغير مقدارها وجهتها كالانضغاط أو الشد أو الثني أو الصدمات المتكررة. وتبرز في هذا الاختبار علاقة بين قيمة الحمولة وعدد الدورات التي تصمد حيالها العينة قبل أن يدركها التمزق. ويدعى الحد الذي تصمد عنده العينة خلال عدد معين من الدورات حد التحمّل.

ثانياً: الطرق الفيزيائية والكيمياوية لدراسة المعادن والسبائك المعدنية واختبارها:

١-التحليل الحراري thermal analysis: يتضمن التحليل الحراري تعيين درجة الحرارة التي يحدث عندها التحول الطوري بتعيين درجات الحرارة التي توافق الانكسارات أو العتبات التي تبديها منحنيات التبريد[السبيكة (الخليطة)]. ويجرى التحليل الحراري التفاضلي بتعيين الفرق في درجة الحرارة بين العينة المدروسة ومادة أخرى قياسية لا تعاني تحولاً طورياً عند تبريدهما سوياً في شروط متماثلة. وتمثّل نتائج هذا التحليل على شكل منحنيات تبيّن تغير فرق درجة الحرارة بدلالة الزمن. وتبدي هذه المنحنيات تزايداً حاداً للفرق في درجة الحرارة لحظة حدوث التحول الطوري.

٢- قياس التغير في الحجم dilatometry: تستخدم قياسات التمدد الحجمي لتعيين درجة الحرارة التي يحدث عندها التحول الطوري. ويتم ذلك بتتبع تغيرات طول العينة أثناء التسخين أو التبريد. وتشير تغيرات طول العينة إلى التغير في الحجم الذي يرافق التحول الطوري في المعدن.

٣- طرائق القياس الكهربائية: تعتمد المقاومة الكهربائية النوعية للمعادن على طبيعتها الفيزيائية،، وتتغير تبعاً لتغير البنية والتكوين. وتعد تغيرات المقاومة النوعية للسبائك التي تتبع تراكيز العناصر المكوِّنة للسبيكة مؤشراتٍ مهمة لبنية السبائك وطبيعتها.

٤- الطرائق المغنطيسية: يمكن من خلال دراسة التغيرات في الصفات المغنطيسية – التي تحدث عند تغير التكوين أو نمط المعالجة – فهمُ التحولات الطورية التي تطرأ على المعادن ذات المغنطيسية الحديدية (Fe و Co و Ni وسبائكها). وتستخدم هذه الطريقة أيضاً اختباراً غير إتلافي nondestructive test لتحديد العيوب السطحية في أجزاء المعدات (التصدعات الشعرية)، ويتم ذلك بتغطيسها في حمام زيتي يحوي معلَّقاً لدقائق من مادة مغنطيسية فتنجذب هذه الدقائق متجمعة على حواف الصدع الموجود في سطح المعدن.

٥- استخدام النظائر المشعة: تتم هذه الطريقة بإضافة قليل من المادة المدروسة بعد وسم الذرات فيها إلى العينة وتتبّع الذرات الموسومة من خلال صفاتها الإشعاعية. تستخدم هذه الطريقة في التعدين الفيزيائي لدراسة عمليات الانتشار ونمط توزع العناصر في السبيكة وللتعرف على طبيعة مكوناتها.

٦- اختبار المعادن والسبائك باستخدام الأمواج فوق الصوتية ultrasonic inspection:

تستخدم هذه الطريقة لتعيين العيوب الداخلية في المعدن أو السبيكة (التصدعات، الفجوات الغازية وغيرها). فيمكن الكشف عن العيب البنيوي داخل المعدن وتعيين شكله بتسجيل الأمواج المنعكسة أو طاقة الأمواج المخترقة للمعدن. يشتمل الاختبار باستخدام الأمواج فوق الصوتية على عدة طرائق للدراسة (طريقة النبضات، الطنينية، الظليلية).

٧- اختبار الصفات الكيمياوية للمعادن والسبائك المعدنية: يمكن وصف السلوك الكيمياوي للمعادن وسبائكها كتابع لتكوينها، وبنيتها، ونمط معالجتها، وذلك بتعيين مدى تأثرها بمختلف عوامل التآكل corrosion. ويتم الاختبار بحفظ عينات من المعدن في أوساط مختلفة تماثل البيئة التي سيستخدم فيها. ويتم التعبير عن نتائج الاختبار بدلالة سرعة عملية التآكل (نقصان كتلة العينة «بعد إزالة نواتج التآكل عن سطح العينة» في وحدة السطوح خلال فاصل زمني محدد). ومن خلال سرعة التآكل يمكن تقدير العمق الذي يبلغه فعل التآكل داخل المعدن. وتستخدم هذه الطريقة إذا كان التآكل متماثلاً على كامل السطح، إلا أنها لا تصلح إذا كان موضعياً. ففي حالة التآكل بالتنقّر pitting يمكن عن طريق الفحص المجهري لسطح العينة قياس كثافة بؤر التآكل (عددها في وحدة السطوح) وعمق كل منها. وتجدر الإشارة إلى أن تغير الصفات الميكانيكية يعد مؤشراً آخر لتقدم عملية التآكل، إذ يرافق التآكل الشامل الذي يؤدي إلى نقصان مساحة مقطع العينة انخفاضُ مقاومة الشد القصوى، أما التآكل في الصدوع فقد يؤدي أيضاً إلى انخفاض اللدونة (الاستطالة النسبية).

الفصل الخامس

الخواص الكيميائية البلورية للمعادن

(العلاقة بين التركيب الكيميائي والبناء الذري للمعادن)

Crystal Chemistry of Minirals

لاحظنا عند دراسة الخواص البلورية للمعادن كيف أنه توجد معادن تتداخل بلوراتها أثناء النمو لتكون بلورات نطاقية ، وأن هذه البلورات المتداخلة بالرغم من أنها مختلفة في التركيب الكيميائي إلا أنه متشابهة في كل من الشكل البلورية والبناء الذري ، ومعنى هذا أن الذرات ولو أنها مختلفة من الناحية المادية إلا أنها متشابهة في حجمها ، وفي مواضعها داخل البلورة وبذلك يمكنها أن تحل محل بعضها مما يدل على وجود علاقة بين التركيب الكيميائي والبناء الذري (أو الشكل البلوري) للمعادن.

وقد رأينا كذلك ، كيف يتغير الوزن النوعي للمعدن – لا على أساس إختلاف التركيب الكيميائي كما هي القاعدة والأصل – ولكن على أساس إختلاف ترتيب الذرات داخل بناء البلورة. وهذا الإختلاف ليس قاصرا على الوزن النوعي فحسب ، ولكنه يمتد إلى جميع الخواص الفيزيائية الأخرى للمواد ذات البناء الذري المختلفة ، أو بمعنى آخر يمكن أن توجد المادة الكيميائية الوحدة في أكثر من شكل بلوري واحد. وهذه علاقة أخرى بين التركيب الكيميائي والبناء الذري (أو الشكل البلوري) للمعادن.

هذه أمثلة مرت بنا وتشير إلى وجود علاقة من نوع أو آخر بين التركيب الكيميائي والبناء الذري للمعدن: مثل هذه العلاقة الكيميائية البلورية كانت معروفة منذ وقت طويل ، ولكن نظرا إلى أهميتها الكبيرة فقد بذلت لها أبحاث ودراسات كثيرة في السنوات الأخيرة ، مما جعها تنمو لتكون علما جديدا يعرف باسم الكيمياء البلورية Crystal Chemistry ، وعو علم متفرع تختص معظم محتوياته بتطبيقاتها وحلولها للمعادن ومشاكلها المختلفة ، وارتباط خواصها الفيزيائية بالتركيب الكيميائي والبناء الذري.

ومن أسباب دراسة هذه العلاقة الكيميائية البلورية ، وفهمها على أساس علمي صحيح ، الملاحظات والأسئلة المحيرة التي نتجت عن محاولتنا تصنيف المعادن على أساس تركيبها الكيميائي ، ففي هذا التصنيف الكيميائي للمعادن نجد المعادن مصنفة إلى اقسام على اساس الشق الحامضي أو المجموعة الحامضية الموجودة في المعدن ، أي صنفت المعادن إلى كبريتيدات ، أكاسيد ، كلوريدات ، كربونات ، كبريتات ، فوسفات ، سليكات. وفي مثل هذه الحالات التي ننظر فيها إلى المعادن من زاوية واحدة ، ألا وهي التركيب الكيميائي – تصادفنا أسئلة محيرة من النوع الآتي:

• لماذا تشذ المعادن كثيرا في خواصها عن الخواص التي نتوقعها لها على أساس التركيب الكيميائي فقط؟
• كيف نعلل وجود المعادن متعددة الأشكال (مثل الجرافيت والألماس)؟
• لماذ يؤثر الشق الحامضي على خواص معظم المركبات أكثر مما يؤثر الشق القاعدي؟
• مـا هـو العامـل المشـترك بـين المعـادن متشـابعة البلـورات ولكنهـا مختلفـة فـي التركيـب الكيميائي؟

ويجب علينا أن نجيب على هذه الأسئلة وكثير غيرها قبل أن نتوصل إلى معرفة كافية لطبيعة المواد المعدنية. وقبل ان نبدأ في الإجابة عن هذه الأسئلة وشرح العلاقات المختلفة بين التركيب الكيميائي والبناء الذري يجدر بنا أن نفسر قليلا بعض خواص النباء الذري للمعادن.

البناء الذري للمعادن:

نقصد بالنباء الذري للمعدن المعلومات الرئيسية الثلاثة التالية:

١ـ الترتيب الهندسي في الفراغ للذرات والجزيئات والأيونات التي تكون وحدات البناء في المادة.

٢ـ درجة التقارب بين هذه الوحدات البنائية وطريقة رصها وتعبئتها في المادة.

٣ـ نوع القوى الكهربائية التي تربط بيه هذه الوحدات البنائية وخواصها.

١ـ الترتيب الهندسي الفراغي للذرات والأيونات:

توجد هذه الوحدات البنائية مرتبة داخل البلورة في نظام هندسي يخضع لعناصر تماثلية معينة ، ويعكس هذا الترتيب الذري الداخلي نفسه في الخارج في هيئة الأوجه البلورية المنظمة التوزيع ، وقد رأينا أمثلة لهذه النظم الهندسية في دراساتنا السالفة للبلورات والخواص البلورية للمعادن. لقد درسنا فقط سبعة نظم بلورية هي النظم الأعلى تماثلا في الفصائل البلورية ، ولكن يوجد بجانب هذه نظم أخرى أقل تماثلات ، إذا أضيفت إلى السبعة كان المجموعة ٣٢ نظاما بلوريا ، تمثل الطرق الممكنة لترتيب الذرات والأيونات تبعا لعناصر التماثل الخارجية ومجموعاتها . ولكن إذا أضيفت إلى هذه العناصر عناصر أخرى تماثلية داخلية ، فإن من الممكن ترتيب الذرات والأيونات ب ٣٢٠ طريقة أو في ٢٣٠ مجموعة فراغية.

٢ـ تعبئة الذرات والأيونات:

قلنا إن المادة المتبلورة تتميز بترتيب ثابت للأيونات أو الذرات في الأبعاد الثلاثة ، وقد مثلنا الترتيب الفراغي للأيونات والذرات بأشكال تخطيطية حيث تكون الروابط أو الأواصر بين هذه الأيونات أو الذرات ممثلة بخطوط وهو يمثل البناء الفراغي لمعدن الهاليت (NaCl) ، حيث تمثل الكرات البيضاء أيونات الصوديوم ، وتمثل الكرات السوداء أيونات الكلورين.

أن الترتيب الفراغي لأيونات الصوديوم والكلورين في الهاليت هو من النوع المكعبي ، ويحاط كل أيون للصوديوم بستة أيونات للكلورين في هيئة ثماني الأوجه ، ويمكن مشاهدة هذا الثماني الأوجه بوضوح في ، حيث أضفنا الروابط المائلة بين أيونات الكلورين الستة التي تحيط بأيون الصوديوم ، وأصبحت في مجموعتها تشبه شكل ثماني الا،جه. وإذا فحصنا هذا الرسم بعناية أكثر نلاحظ أن كل أيون كلورين محاط بستة أيونات صوديوم.

أننا لم نأخذ في الإعتبار الحكم النسبي لأيونات الصوديوم والكلورين ، وأن الأيونات لابد أن تكون متماسة بعضها ببعض (هذه حقيقة أساسية في المواد الصلبة أو المتبلورة). إننا نفترض أن الأيونات ذات أشكال كروية أو شبه كروية ، ويمكن تمثيلها كذلك في الأشكال المبينة لطرق تعبئتها مرة ثانية ، لنأخذ عند أركان شكل ثماني الا،جه ، ونحركها على طول الروابط في إتجه بعضها حتى تتماس مع بعضها ، فإننا نصل إلى الترتيب المستقر لهذه الأيونات .

وفي مركز هذا الثماني الأوجه يوجد "تجويف" نصف قطره يساوي ٠,٤١٤ بالنسبة إلى نصف الكرات عند الأركان (الكلورين) ، ويمكن لأيون بمثل هذال الحجم أن نجد مكانا له في هذا التجويف ، ويكون متماسا مع الأيونات الستة الكبيرة المحيطة به. ومن الناحية النظرية ، لا يمكن للأيون المركزي [أي الذي في المركز] أن يكون أصغر من أيون له نسبة نصف القطر إلى نصف قطر الأيون الأكبر المحيط به كنسبة ٠,٤١٤ ، إذ سوف لا يكون مثل هذا الأيون الصغير في حالة تماس مع جيرانه ، ويلزم في هذه الحالة ترتيب آخر أكثر إستقرار. هذا الترتيب موجود حيث يحيط بالأيوم المركزي الصغير أربعة أيونات فقط موجودة عند الأركان الأربعة لشكل رباعي الأوجه ، كما في البناء الذري للمعادن السليكاتية حيث يحيط بأيون السليكون أربعة أيونات للأكسجين ، والنسبة بين نصف قطر الأيون المركزي الصغير (Si) ، ونصف قطر أيوم الأكسجين ٠,٣٠

أما إذا كان الأيون المركزي أكبر من الأيون ذي النسبة ٠,٤١٤ فإن الأيونات المحيطة سوف تضطر للإبتعاد عن بعضها إلى الخارج ولن تتماس إلا مع الأيون المركزي. ويمكن تمثيل هذا الترتيب ، حيث تكون النسبة بين نصف قطر الأيون المركزي ونصف قطر الأيون المحيط به كنسبة ٠,٦٦ ، ويوجد الترتيب الثماني الأوجه في هذه الحالة أيضا ويبقى كترتيب مستقر حتى تساوي نسبة نصفي القطرين ٠,٧٣٢ (أو أكثر) ، وعند هذه القيمة الحركة يتكون ترتيب أكثر إستقرارا ، لأنه أصبح هناك مكان لأكثر من أيون متلامس مع بقية الأيونات الخارجية الستة ومع الأيون المركزي . فإذا رتبت ثمانية أيونات كروية في شكل مكعبي فإن نصف قطر التجويف المركزي سوف يساوي ٠,٧٣٢ إذا قورن بنصف قطر الكرات الموجودة عند أركان الكعب والتي لها قيمة تساوي ١. وهذا هو الترتيب المستقر بين نسبة ١:٠,٧٣٢ ونسبة ١:٠١ وفي معدن الهاليت (NaCl) نجد أن النسبة بين نصف قطر أيون الصوديوم ونصف قطر أيون الكلورين هي ٠,٥٦٤ وتدل هذه القيمة على أن أيونات الكلورين لابد أن تحيط بأيونات الصوديوم في ترتيب شكل ثماني الأوجه.

عدد التناسق: Coordination number

عدد التناسق لأيون أو ذرة عنصر هو الرقم الدال على عدد الأيونات أو الذرات التي تحيط وتلامس هذا الأيون أو هذه الذرة بصفة مميز. فتلاقي شكل (١٧١) حيث يحيط بأيون السليكون [الكرة السوداء أو المركزية] ، ويتلامس معها أربعة أيونات للأكسجين [الكرات البيضاء الكبيرة] يكون عدد تناسق السليكون هو ٤ ، والنسبة بين نصفي قطر هي ٠٠,٣٠ وقد يكون أكثر من عدد تناسق واحد. فمصلا قد تحاط ذرة مغنسيوم بستة ذرات أكسجين بصفة مميزة عندما يتحد الإثنان سويا لتكوين أكسيد المغنسيوم.وفي هذه الحالة يكون عدد التناسق للمغنسيوم ٦ ، والنسبة بين نصفي القطرين في هذا المركب هي ٠,٤٧ أما في مركب تلوريد المغنسيوم (MgTe) ، فإن النسبة تساوي ٠,٣١ ، ويكون للمغنسيوم عدد تناسق يساوي ٤ ، ويحاط بأربعة ذرات تلوريوم في ترتيب رباعي الأوجه. ولما كان الأسجين مكونا عاما في تركيب كثير من المعادن ، فعندما نذكر عدد التناسق لعنصر ما بدون تمييز فإننا نقصد عدد ذرات الأكسجين التي تتناسق مع ذرات العنصر المذكور.وعندما يكون عدد التناسق يساوي ٨ فإن ثماني ذرات أو أيونات تحيط بذرة أو أيون العنصر المركزي في شكل مكعبي. وعلى ذلك نجد أن عدد التناسق يتوقف على النسبة بين نصف قطر الأيون المركزي ونصف قطر الأيون المتناسق حوله .

٣- الروابط الكيميائية Chemical bonds

تتوقف كثير من خواص المعدن ومميزاته على نوع وشدة القوى الكهربائية التي تربط ذرات المادة بعضها إلى بعض. فإذا نحن درسنا وأوضحنا هذه القوى الرابطة أمكننا تفسير كثير من الخواص الفيزيائية والكيميائية التي تسبب لنا شيئا من الحيرة. فمثلا ، لماذا تنفصم الميكا بهذا السهولة إلى تلك الصفائح الرقيقة؟ والجواب على ذلك يقتضي معرفة نوع الراوبط الكهربائية التي تربط الذرات بعضها ببعض. وتدلنا هذه المعرفة على أن الروابط الكهربائية (روابط كيميائية) تتغير في قوتها بتغير الإتجاه في البلورة.

ونجد أن الأيونات مرتبطة ببعضها إرتباطا قويا في الصفائح في إتجاه مواز للإنفصام ، أم القوى التي تربط صفحة بجارتها (عليا أوسفلى) ، فإنها قوى ضعيفة لا تصمد أمام أي ضغط ، وتنقسم الصفائح عن بعضها في هذه المستويات ذات الروابط الضيفة. وقد أثبتت الدراسات البلورية بالأشعة السينية هذا الرأي. ويفسر الإنقسام بصفة عامة على أنه انفصال يحدث في بناء البلورة في المستويات ذات الروابط الكيميائية الضعيفة.

وقد وجد ، عموما ، أنه كلما كانت الرابطة قوية كلما زادت صلادة البلورة ، وكذلك درجة إنصهارها ، بينما يقل مع تمددها الحراري . وعلى ذلك تعزى صلادة الألماس العالية إلى الروابط الكهربائية القوية جدا بين ذرات الكربون في بنائه الذري.

كذلك وجد أنه بالرغم من تشابه البناء الذري في كل من معدني بيريكليز (MgO Periclasse) وهاليت (NaCl Halite) ، إلا أن البيريكليز ينصهر عند درجة ٢٨٠٠ ° م ، بينما ينصهر الهاليت عند ٨٠١ ° م ،

أو بعبارة أخرى يحتاج البيريكليز إلى طاقة حرارية أكبر لفصل ذراته ، وهذا يدل على وجود روابط كهربائية أقوى في البريكليز منها في الهاليت.

وهناك أربعة أنواع رئيسية من الروابط الكيميائية هي: الأيونية المشتركة ، الفلزية ، فان درفال. ويجب أن يكون مفهوما أن مثل هذا التصنيف هو لتوضيح وتقريب الأمور ، بينما في الحقيقة قد يوجد تدرج وإنتقال بين هذه الأنواع ، كما قد يشترك أكثر من نوع في البناء الواحد.

اسم المركب	المركبات الأيونية	المركبات التساهمية
الحالة (عند درجة حرارة الغرفة)	معظمها صلبة	غازات أو سوائل أو مواد صلبة
المكونات	أيونات	جزيئات
درجات الانصهار والغليان	مرتفعة غالبا	منخفضة نسبيا
التوصيل الكهربائي	مصاهيرها ومحاليلها المائية جيدة التوصيل (عديمة التوصيل في الحالة الصلبة)	لا توصل التيار الكهربائي (قليل منها موصل مثل محلول (HCl) في الماء)
الذوبانية	أغلبها يذوب في المذيبات القطبية ولا تذوب في المذيبات غير القطبية	معظمها لا تذوب في المذيبات القطبية وتذوب في المذيبات غير القطبية

١ – الرابطة الأيونية Ionie bond: وهذه هي الرابطة التي تربط بين الأيونات ذات الشحنات الكهربائية المختلفة في البلورة ، ولذلك تعرف هذه الرابطة أيضا باسم الرابطة الكهروستاتيكية. ومن أمثلتها الرابطة التي تربط أيون الكلورين بأيون الصوديوم في بلورة كلوريد الصوديوم. مثل هذه المركبات ، التي يغلب في بنائها الذري الرابطة الأيونية ، عندما تذوب في مذيبات مثل الماء تكسب هذه المذيبات خاصية المحاليل الموصلة التي تحتوي على أيونات حرة. أما من ناحية الخواص الفيزيائية فنجد أن البلورات ذات الرابطة الأيونية لها صلادة متوسطة. وكذلك وزنها النوعي متوسط ، أما عن درجتي الإنصهار والغليان فهما عاليتين ، كما أ، هذه البلورات موصلة ردئية جدا للكهرباء أو الحرارة.

٢ – الرابطة المشتركة Covariant bond: أو رابطة الإلكترونات المشتركة وهذه أقوى أنواع الروابط . وتتميز المعادن ذات الرابطة المشتركة بأنها غير قابلة للذوبات بصفة عام. وبأنها متستقرة وذات درجة

إنصهار ودرجة غليان عاليتان جدا. ولا تعطي هذه المعادن أية أيونات في المحاليل التي تكونها . وعلى ذلك فهي مواد ردئية التوصيل للكهرباء في كلتا الحالتين السائلة والصلبة. وهذه الرابطة تتكون نتيجة لإشتراك اليكترون بين ذرتين. فإذن وجد فراغ في المسار الالكتروني الخارجي للذرة فإن كل طاقة الذرة تستنفذ في هذه الرابطة التي تربط ذرة بجارتها ، ويتكون عندنا جزئ مستقر (مثل جزئ الكلورين) الذي لا يظهر أي ميل للاتجاه بجزئ آخر ، وهنا عناصر أخرى مثل الكربون والسليكون والألومنيوم لها أكثر من فراغ في المسار الإلكتروني الخارجي لذراتها ، ولذلك فإن ذرة العنصر منها تتحد بعدد من الذرات المجاورة لواسطة الرابطة المشتركة لتنتج مجموعات ذرات مستقرة ذات أشكال وأبعاد ثابتة. ومن أمثل ذلك ذرات السليكون التي لها أربعة فراغات في مساراتها الخارجية تملؤها بالكترونات مشتركة مع أربعة ذرات أكسجين ، وتكن بذلك مجموعة $SiO4$ مرتبطة بروابط مشتركة قوية في هيئة رباعي الأوجه حيث توجد ذرات الأكسجين الأربعة عند أركان هذا الشكل الرباعي. وقد ترتبط مجموعتان او أكثر من هذه المجموعات الرباعية $SiO4$ لينتج عنها أشكال هندسية مختلفة هي أساس الوحدات (منفرد ، حلقية ، سلسلية ، صفائحية ، هيكلية) في البناء الذري للأنواع المختلفة من المعادن السليكاتية.

٣- الرابطة الفلزية Metallic bond: وهذه هي الرابطة التي تربط ذرات الفلزات ، وفيها تحاط نواة ذرة الفلز بسحابة من الإلكترونات الحرة الإنتقال في البناء الذري للفلز دون أن تسبب إخلالا لميكانيكية الروابط ،

ويعزى إلى هذه الرابططة جيمع الخواص المميزة للفلزات مثل القابلية للطرق والسحب وسهولة التشكيل ، والتوصيل الجيد للكهرباء والحرارة. وإنخفاض كل من الصلادة ودرجة الإنصهار ودرجة الغليان.

٤- رابطة فان درفال Van Der Waal Force: وهذه عبارة عن القوى الضعيفة التي تربط الجزيئات المتعادلة بعضها ببعض ، وهي عبارة عن قوى متبقية على سطح هذه الجزيئات أو المجموعات البنائية غير المشحونة في البلورة. وغالبا ما تضم البلورات المعدنية أكثر من نوع واحد من الروابط الكيميائية مثلا ، في الجرافيت ترتبط الذرات بعضها في الصفائح بواسط الرابطة المشتركة القوية ، بينما يحدث الإنفصام في المستويات التي ترتبط برابطة فان درفال الضعيفة. أما في الميكا فترتبط الذرات في الصفائح بوائطح الرابطة المشتركة القوية حيث توجد مجموعات السليكات الرباعية ، وترتبط الصفائح بعضها ببعض بواسط الرابطة الأيونة الضعيفة عن طريق أيونات البوتاسيوم ، وينتج عن مثل هذا لابناء الذري ذي الروابط المختلفة ان ينفصهم معدن الميكا بسهولة جدا في المستويات ذات الرابطة الأيونة. ويعزى الإنفصام في معادن الأوجيت والهونبلند والأرثوكليز إلى وجود مثل هذه الروابط الضعيفة. وتعرف هذه البلورات التي توجد بها روابط من أنواع مختلفة بإسم غير متجانسة الروابط بينما تعرف بلورات معادن الكوارتز والألماس حيث توجد روابط من نوع واحد باسم متجانسة الروابط.

التشابه الشكلي: Isomorphism

تتشابه المعادن في الطبيعة من محاليل معقدة التركيب الكيميائي ، ويحدث نتيجة لذلك أن كل المعادن تقريبا تختلف في تركيبها الكيميائية من مكان إلى آخر بل ويختلف المعدن الواحد في تركيبه الكيميائي من عينة إلى أخرى في نفس المكان الواحد. وقبل أن نعرف السر وراء هذا التغير الكيميائية – في ضوء الكيميائية البلورية – كانت كل عينة تسمى في الماضي باسم خاص ، وتعتبر معدنا جديدا بسبب هذا الإختلاف الطفيف في التركيب الكييمائية ، مع أن بقية الخواص الأخرى واحدة في جميع العينات.

وفي الوقت الحالي نجد أن من أهم واجبات جيولوجي المعادن العمل على تقليل وإزالة هذه الأسماء الكثيرة للأنواع المختلفة من المعدن. ونتيجة لذلك يتضح لنا أن الوحدة الوصفية في دراسات المعادن هي المتسلسلة المعدنية أو المجموعة المعدينة بلاد من المركب النقي.

سبق أن ذكرنا عند دراستنا للبلورات أن لكل مادة شكل بلوري مميز ، وتختلف بلورات المواد المختلفة (عدا بلورات فصيلة المكعب) عن بعضها البعض في الزوايا بين الوجهية ، ولكن لاحظ متشرليخ عام ١٨١٩ أن هناك علاقة بين الشكل البلوري لمادة ما وتركيبها الكيميائي ، وأنه قد توجد مادتان لهما تركيبان كيميائية متقابلان وشكلان بولريان متماثلان تقريبا. مثل هذه العلاقة بين المواد المختلفة في التركيب الكيميائي والمتشابهة في الشكل البلوري تعرف باسم التشابه الشكلي ، والمواد المرتبطة بهذه العلاقة تعرف باسم مواد متشابهة الأشكال ، ومثل هذه المواد المتشابهة الأشكال تتشبه بشكل ملحوظ في خواصها الفيزيائية والكيميائية وكذلك البلورية (لها تقريبا نفس الزوايا بين الوجهية ونفس النسبة المحورية) ويحتاج الأمر إلى قياس الزوايا بين الوجهية بدقة كبيرة للتفريق بين بلورات المعادن المتشابهة الأشكال. كذلك يستخدم حيود الأشعة السينية في استكشاف وتوضيح هذه العلاقة البلورية الكيميائية بدراسة تفاصيل خواصل الوحدة البنائية في المعادن التي تربطها هذه العلاقة. أيضا يفيد التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء .

وتتشباه المواد المتشابهة الأشكال في بنائها الذري (متشابهة البناء) كما أن مثل هذه المواد قادرة على أن تتبلور مع بعضها ، أي تتداخل بلوراتها . فإذنا حللنا بلورة سترونشيانيت فغالبا ما نجد فهيا كمية لا بأس بها من الكالسيوم وكذلك الباريوم ، حيث حلت هذه العناصر على جزء من السترونسيوم ، ويعرف هذا باسم إحلال (أو استبدال) التشابه الشكلي ، ولا يتم الإحلال بين عنصر وآخر إلا إذا تقاربا في حجمهما ، أي لهما نصف قطر ذري أو أيوني متساوي تقريبا ، ويجب ألا يزيد الفرق بين نصفي القطرين عن ١٥ في المائة.

فلابد أن يحدث إحلال آخر في نفس الوقت بين عنصرين آخرين (ألومنيوم ثلاثي التكافؤ محل سليكون رباعي التكافؤ) حتى ينتج التعادل الكهربائي للمادة الناتجة.

والإحلال الذي يحدث بين العناصر المختلفة قد يكون جزئيا أو كاملا ، ومن أمثلة الإحلال الجزئي إحلال الحديد محل الزنبك في معدن سافلريت Sphalerite (كبريتات الزنك) حيث لا يسمح بناء المعدن بأكثر من

١٨ في المائة من الحديد لتحل محل الزنك . ويتدرج لون المعدن من عديم اللون إلى بني إلى أسود بإزدياد نسبة الحديد من صفر غلى ١٨ في المائة.

أما مجموعة معادن الفلسبار البلاجيوكلازية (فصيلة الميول الثلاثة) فإنها تمثل بوضوح الإحلال الكامل بين طرفي المجموعة: الألبيت ($NaAlSi_8O_8$) ، والأنورثيت ($CaAL_2Si_2O_8$) ، فيحل الصوديوم والسليكون إحلالا كاملا محل الكالسيوم والألومنيوم لتنتج مركبات متسوطة بين الإثنين (تحتوي على الصوديوم والكالسيوم والألومنيوم والسليكون) ، ولها خواص متدرجة بين خواص الطرفين ، فمثلا ، يتدرج الوزن النوعي للألبيت إلى ٢,٧٥ للأنورثيت.

ومن الأمثلة الأخرى للإحلال الكامل معادن الاوليفين (فصيلة المعيني القائمة) ، حيث يتشابه الطرفان النهائيان فورسترتيت Forsterite Mg_2SiO_4 ، وفياليت Fayalite Fe_2SiO_4 ، وتتداخل بلوراتها معا ، ويحل الحديد محل المغنسويم بكل حرية وبأية نسبة في بنائهما الذري المتشابه ، وتنتج متسلسلة الاوليفين $(Mg_2Fe)_2SiO_4$ Olivine series. ومما سبق يتضح لنا أن خاصية التشابه الشكلي تدل على أن الخواص المختلفة للمعادن تختلف بصفة عامة باختلاف التركيب الكيميائية . وتعتبر خاصية التشابه الشكلي من أهم القواعد الأساسية في كيمياء المعادن إذ يندر أن توجد المعادن في حالة نقية.

التعدد الشكلي: Polymorphilism

تصف هذه الظاهرة وجود أكثر من مادة لها نفس التركيب الكيميائية ولكنها تختلف في بنائها الذري وشكلها البلوري ، مثال ذلك ، الألماس والجرافيت معدنان لهما نفس التركيب الكيميائية (كربون) ، ولا يمكن التفرقة بينهما بأي وسيلة كيميائية. ولكنهما يختلفان عن بعضهما البعض في الخواص الفيزيائية مثل الصلادة ، والوزن النوعي ، .. الخ.

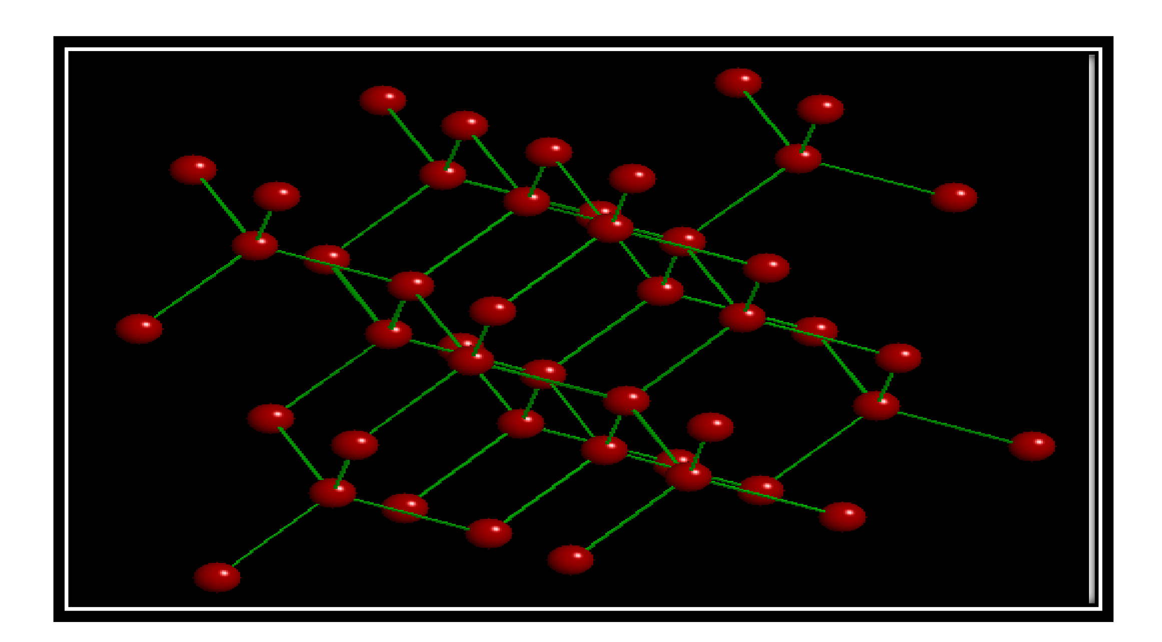
مثال آخر: كربونات الكالسيوم يمكن أن تتبلور تحت ظروف خاصة لتعطي بلورة معينة الأوجه ، هي معدن الكالسين وتحت ظروف أخرى تعطي بلورة معينية قائمة هي معدن الأراجونيت. وكلا المعدنين له خواص فيزيائية مختلفة عن خواص الآخر. ويطلق على الماد التي توجد في شكلين بلوريين مختلفين اسم ثنائية الشكل ، مثل الكربون والكبريتيد الحديد وكربونات الكالسيوم. أما إذا وجدت المادة في ثلاثة أشكال فإنها تعرف باسم ثلاثية التشكل ، مثل ثاني أكسيد الكربون.

ويجب ملاحظة أن الأشكال المختلفة للمادة الكيميائية الواحدة لا تتكون كلها في ظروف واحدة ، بل على العكس تتكون في ظروف مختلفة من الضغط والحرارة والبيئة الكيميائية (درجة التركيز ، درجة الحموضة ، درجة القلوية). كما في الأمثلة التالية:

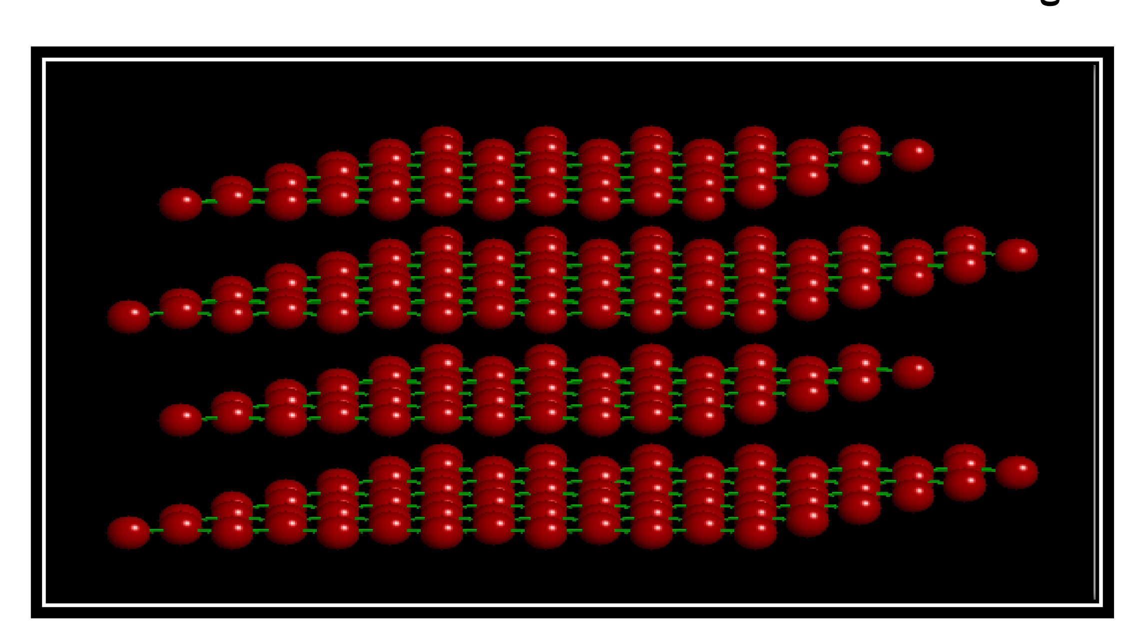
يتكون الألماس في ظروف من الحرارة والضغط العاليين جدا ، أم الجرافيت فيتكون تحت الضغط الديناميكي. ويتكون الكوارتز في درجة حرارة أقل من ٨٧٠ ° م ، أما التريديميت فيتكون بين درجتي الحرارة ٨٧٠ ° م ،

١٤٧٠ ° م . في حين يتكون الكريوستوبااليت في درجة حرارة أعلى من ١٤٧٠ ° م . ويتكون معدن البيريت من المحاليل القلوية والمتعادلة عند درجات حرارة متوسطة وعالية تحت الضغط ، أما المركزيت فيتكون من محاليل حمضية تحت درجة حرارة ٤٥٠ ° م .

التعدد الشكلي:



الماس



الجرافيت

الخداع الشكلي: Psedomorphisim

إذا حدث تعديل للبلورة بحيث يتغير بناؤها الذري الداخلي دون أن يطرأ أي تغيير على الشكل الخارجي (أي تحتفظ البلورة بشكلها الخارجي) ، فإنه توصف في هذه الحالة باسم شكل خادع أو شكل كاذب. وفي البلورة الخادعة الشكل يتبع التركيب الكيميائية والبناء الذري معدنا واحدا بينما يتبع شكلها الخارجي معدنا آخر ، مثال ذلك: قد يتغير معدن البيريت (FeS2) ليعطي معدن الجوتيت (H Fe O2) الذي لا يزال يحتفظ بالشكل المكعيب الخارجي المميز للبيريت ، وتعرف مثل هذه لابلورة بأنها شكل كاذب لمعدن الجوتيت الناتج من البيريت. وتتكون الأشكال الكاذبة في الطبيعة نتيجة لإحدى العمليات التالية:

١ - دون حدوث تغير فى التركيب الكيميائى (التغير الشكلى):

يطلق اسم الشكل المغاير على البلورة التي تغير بناؤها الذري دون أن يحدث ذلك أي تغيير للشكل الخارجي لها أو بمعنى آخر ، إنها عبارة عن البلورة التي تغير بناؤها الذري دون أن يتغير تركيبها الكيميائي. مثال ذلك: معدن الكالسيت الناتج من معدن الأراجونيت. كلاهما عبارة عن كربونات الكالسيوم ، ولكن الكالسيت الناتج (بناء ه الذري الداخلي يتبع فصيلة لاثلاثي ، وقد تنتج عن تعديل نظام ذرات الأراجونيت المعيني القائم) لا يزال يحتفظ بالشكل المعيني القائم الخارجي الخاص بمعدن الأراجونيت (اي يبدو من الخارج كأنه البناء الذري الداخلي الذي أصبح في هذه الحالة كالسيت) تكشف أن المعدن أصبح كالسيت وليس أراجونيت ، وأن الشكل الخارجي الظاهر للعين ما هو إلا شكل خادع.

٢ - حدوث تغير فى التركيب الكيميائى :

(أ) الإحلال أو الاستبدال: ينتج الشكل الكاذب في هذه الحالة بإزالة مادة البلورة الأصلية وإحلال مادة جديدة محلها وترسيبها في نفس الوقت دون أن يحدث أي تفاعل كيميائية بين المادة المزالة والمادة المترسبة.

مثال: كوارتز (SiO2) يحل محل فلوريت (CaF2)

كوارتز (SiO2) يحل محل كالسيت (CaCO8)

(ب) التحلل: ينتج الشكل الكاذب في هذه الحالة إذا تغير التركيب الكيميائية للبلورة الأصلية سواء أتم ذلك بإضافة مادة جديدة إليها أم بإزالة جزء من مادتها الأصلية أو بالإثنين معا (الإضافة أو الإزالة) دون أن يحدث أي تغير للشكل البلوري الخارجي للبلورة الأصلية.

مثال : إزالة بعض المواد:

هيماتيت (Fe2O8) يتكون من ماجنيت [Fe8O4] .. إزالة الحديد.

مثال : إضافة بعض المواد:

جبس [$CaSO_4$ $2H_2O$] يتكون من أنهيدريت [$CaSO_4$] .. إضافة الماء.

مثال : إزالة وإضافة بعض المواد:

جوتيت [$HFeO_2$] يتكون من بيريت [FeS_2] ... إزالة الكبريت وإضافة الماء.

٣- أشكال كاذبة قشرية (أو قوالب):

وتحدث هذه الأشكال عندما يترسب معدن على سطح بلورة معدن آخر في هيئة قشرة تغلف البلورة بأكملها ، وفي هذه الحالة يعرف الشكل الكاذب بأنه قالب خارجي ، مثل الكوارتز الذي يحيط بمكعب الفلوريت ويأخذ شكله الخارجي. وقد يحدث في بعض الأحيان أن يترسب المعدن في الفراغات الناتجة عن إضابة بعض البلورات السابقة ويملؤها ويأخذ شكلها ، وفي هذه الحالة يعرف الشكل الكاذب الناتج باسم قالب داخلي ، ومن أمثلتها بعض الفراغات الموجودة في بعض أنواع الصخور والمملوءة بمعادن الزيوليت والنحاس.

المعادن غير المتبلورة: Noncrystaline Minerals

جاء في تعريف المعدن أنه مادة صلبة متبلورة ، ولكن يوجد عدد قليل من المعادن غير متبلورة. ويمكن التمييز بين نوعين من المعادن غير المتبلورة: النوع الأول ، ويطلق عليه اسم المعادن ذات البناء المنهار أو المعادن المحطمة ، وهي معادن كانت في الأصل متبلورة ، ثم تحطم بناؤها الذري فيما بعد. والنوع الثاني يطلق عليه اسم المعادن عديمة الشكل ، وهي معادن تمت وتكونت أصلا بدون بناء ذري ، إما نتيجة لسرعة التبريد من حالة منصهرة ، أو نتيجة للتجمد البطئ لمادة هلامية.

فأما المعادن المحطمة فإنها ذات خواص فيزيائية تدل على أنها عديمة التبلور. ومن بين هذه الخواص أنها ذات مظهر زجاجي أو غروي مثل القار وليس لها انفصام ، ومكسرها محاري. إن مثل هذه المعادن المحطمة تستعيد بناءها الذري وتبلورها بالتسخين مع انبعاث حرارة كثيرة وتوجه في مادة المعدن ، وينتج عن استعادة التبلور ازدياد في الوزن النوعي للمعدن. ويعزى تكون الحالة المحطمة في المعادن إلى إنهياق البناء الذري من خلال الإصطدام بجسيمات "ألفا" المنطلقة من عناصر النشاط الإشعاعي المفتتة. وعموما تكون المعادن المحطمة مكونة من أحماض ضعيفة وقواعد ضعيفة ، مثل الزركون ، الثوريت. أما وجود عناصر النشاط الاشعاعي في المعدن فلا يعتبر سببا كافيا بمفرده لإحداث حالة التحطم في بناء المعدن ، فمعدن ثوريانيت ThO_2 لا يبدو أبدا في حالة محطمة برغم احتوائه على الثوريوم. وبعض المعادن مثل أللانيت Allnite يتواجد في كل من الحالة المحطمة وغير المحطمة. وقد تبين حديثا أن كثيرا من المواد المتبلورة يمكن جعلها في حالة محطمة وذلك بتعريضها للإصطداد بجسيمات "ألفا" ، أو التيرونرونات المنطلقة من مفاعل يورانيوم.

أما المعادن عديمة الشكل: فتضم الزجاج والهلام. والزجاج يتكون من صهير برد بسرعة ، أما الهلام فإنه يتكون نتيجة لتجمد المحاليل الغروية. والمحاليل الغروية تمثل حالة متوسطة بين المحاليل الحقيقية

والمعلقات (المخاليط المعلقة) ، وعادة تكون المركبات العضوية ذات الجزيئات الكبيرة محاليل غروية ، بينما المركبات غير العضوية والتي لا تذوب عادة في الماء قد تكون محاليل غروية ، ويتراوح قطر الجسيمات في المحلول الغروي عادة بين واحد من ألف وواحد من مليون من المليمتر. ومن أمثلة المعادن التي من هذا النوع الأوبال ، وهو يتكون نتيجة لتجمد المحاليل الغروية للسيليكا ، والأوبال أكسيد مائي للسليكا حيث كمية الماء فيه متغيرة ، ويكتب قانونه الكيميائية هكذا $SiO_2.nH_2O$ ، وتتراوح كمية الماء عادة بين ٣ ، ١٠ بالمائة بالوزن. وهناك مواد أخرى توجد في حالة الغروية وتتكون في الطبيعة مثل بعض أكاسيد الألومنيوم والحديد والمنجنيز المتميئة. وعندما يتجمد الهلام فإنه عادة يتبلور في فترة زمنية وجيزة. ويمكن التعرف على المعادن التي تجمدت أصلا في حالة هلامية إذ يكون لها عادة أسطح كروية مثل عنقود العنب "عنقودية" ،وهيئة داخلية إبرية شعاعية من المركز وعمودية على السطح الكروي.

الفصل السادس

تصنيف المعادن

Classification of minerals

أمكن التعرف – حتى الآن – على ما يقرب من ألفي (٢٠٠٠) معدن في قشرة الأرض ، الكثير منها نادر أو قليل الوجود ، والقليل منها – ما يقرب من المائتين – شائع الوجود ، وهذه توجد إما مكونة للصخور (النارية والرسوبية والمتحولة) ، أو مكونة لنوع آخر من الصخور يعرف باسم الخامات المعدنية وهي رواسب فيها نفع للناس وتمكث في بقع متفرقة من كوكب الأرض ، حتى يكتشفها الإنسان ويستغلها في الصناعة.

وتشترك هذه المعادن الألفين جميعا في أن تعريف المعدن ينطبق عليها كلها أو بشئ من الدقة غالبيتها (إذ أن القليل منها غير متبلور ، وحتى هذه القلة ، تمثل حالة غير مستقرة تمضي في طريقها إلى التبلور والإستقرار بمعنى الزمن الطويل وتغير الظروف). ذلك التعريف الذي ينص على أن لكل معدن بناءا ذريا منتظما وتركيبا كميائيا مميزا. وانطلاقا من هاتين الصفتين الأساسيتين نجد أن مجموعة من المعادن تتشابه في خواصها البلورية ، فتتحد من البناء البلوري أساسا لتصنيفها إلى فصائل بلورية سبعة يشترك أفراد كل فصيلة في الصفات الأساسية (المحاور البلورية) ، ثم نصنفها إلى نظم بلورية إثنتين وثلاثين حينما نجد أن بلورات الفصيلة الواحدة تختلف فيما بينها في التفاصيل (عناصر التماثل الخارجية) ثم نصنف كل نظام إلى عدد من الأقسام (مائتين وثلاثين مجموعة فراغية) ، حينما نجد أن بلورات كل نظام تختلف فيما بينها في تفاصيل التفاصيل (عناصر التماثل الداخلية). هكذا تصنف المعادن على أساس البناء الذري المنتظم.

وقد نتخذ من الخواص الفيزيائية أساسا لتصنيف المعادن. فنجد أن هناك قسما يضم المعادن التي تتشابه في خواصها البصرية – ينكسر الضوء أثناء مروره بها إنكسارا منفردا وينتقل بسرعة واحدة في جميع الإتجاهات – تعرف باسم المعادن الايزوتروبية بينما تنضوي مجموعة أخرى من المعادن تحت قسم آخر لأنها تختلف أثناء مروره بها انكسارا مزدوجا وينتقل بسرعات مختلفة في الاتجاهات المختلفة – تعرف باسم المعادن غير الايزوتروبية.

أما إذا اخترنا خاصية الصلادة ، وهي خاصية فيزيائية أيضا ، فإننا نجد أن المعادن يمكن تصنيفها إلى منخفضة الصلادة ومتوسطة الصلادة وعالية الصلادة أو تصنف تبعا لمقياس موهس للصلادة ذي الأقسام العشرة ليأخذ كل معدن رقما بين الواحد والعشرة يدل على صلادته النسبية .

وكذلك إذا أخذنا خاصية فيزيائية أخرى مثل الكثافة (أو الوزن النوعي) ، فإننا نجد أن هناك معادن خفيفة (من ١ – ٢,٥) ، ومعادن متوسطة الكثافة (من ٢,٥ – ٣,٥) ومعادن ثقيلة (من ٣,٥ – ٥) ، ومعادن ثقيلة جدا (أكبر من ٥). ويأخذ كل معدن رقما يدل على كثافته النسبية (وزنه النوعي) يتراوح بين الواحد والعشرين .

ومن الخواص الهامة التي اتخذت أساس لتصنيف المعادن خاصية التركيب الكيميائية حيث تصنف المعادن إما على أساس الشق الحامضي (الأنيونات) ، أو على أساس الشق القاعدي (الكاتيونات) ، ولكل من هذه التصنيفين خصائصه ومميزاته.

التصنيف الكيميائي للمعادن على أساس الشق الحامضي:

يرتبط هذا التصنيف بالبناء الذري للمعدن ولذلك يعرف باسم التصنيف الكيميائي البلوري للمعادن ، ويستعمل هذا التصنيف الكيميائي على أساس الشق الحامضي للمعادن على نطاق واسع الآن لعدة أسباب أهمها:

(أ) تتشابه المعادن المشتركة في الشق الحامضي (كبريتيد ، أكسيد ، كبريتات ، فوسفات ، سليكات ، .. الخ) ، وتكون مجموعات متشابهة أكثر من تشابه أفراد المجموعات التي تشترك في الشق القاعدي (كاتيون ، نحاس ، رصاص ، زنك ، كالسيوم ، .. الخ) ، فمثلا تتشابه معادن الكبريتات المختلفة أكثر من تشابه معادن النحاس المختلفة مجتمعة.

(ب) توجد المعادن ذات الشق الحامضي المشترك في الطبيعة في بيئات جيولوجية متشابهة. فمثلا توجد المعادن الكبريتيدية للنحاس والرصاص والزنك وغيرها مصاحبة لبعضها البعض في العروق المائية الحارة ورواسب الأحلال المختلفة ، بينما توجد معادن سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والحديد والمغنسيوم وغيرها في كتل الصخور النارية المختلفة وغيرها من تواجدات الصخور النارية.

التصنيف الكيميائية البلوري للمعادن:

تصنيف المعادن كيميائية (على أساس الشق الحامضي) وبلوريا (على أساس البناء الذري) إلى طوائف Classes ثمانية كما يلي:

١ – طائفة المعادن العنصرية Native elements.
٢ – طائفة الكبريتيدات Sulfides والأملاح الكبريتية Suffocates.
٣ – طائفة الأكاسيد Oxides والهيدروكسيدات Hydroxides.
٤ – طائفة الهاليدات Halides.
٥ – طائفة الكربونات Carbonates ، النترات Nitrates ، البورات Borates.
٦ – طائفة الكبريتات Sulfates ، الكرومات Chromates ، المولبدات Molybdates ، التنجستات Tungstates.
٧ – طائفة الفوسفات Phosphates ، الزرنيخات Arsenates ، الفانادات Vanadates.
٨ – طائفة السليكات Silicates.

وتصنيف كل طائفة إلى طويئفات Subclasses ، على أسس كيميائية وبنائية. فمثلا تصنف طائفة السليطات إلى ستة طويئفات على أساس الوحدة البنائية المعروفة باسم رباعي الأوجه ، وهو الشكل الهندسي المكون من أربعة أوجه مثلثية الهيئة والتي تلتقي في أربعة أركان تمثل مواقع أيونات الأكسجين المحيطة بأيون السليكون الموجود في مركز هذا الشكل "التتراهيدرون" ، شكل (١٧٧) ، لتكون ارتباطا هو SiO_4 ، ومن الصور المختلفة الارتباط هذا الرباعي الأوجه مع رباعي آخر أو رباعيين أو ثلاثية أو أربعة ، عن طريق المشاركة في أيون الأكسجين (عند ركن واحد) أو أيونين (ركنين) أو ثلاثة ايونات أكسجين (ثلاثة أركان) أو أربعة أركان وهي كل أركان رباعي الأوجه).

على أساس هذه الصور المختلفة ، تصنف طائفة السليكات إلى ستة طويئفات هي:

١	طويفات النيزوسليكات Nesosilicates أو (الأوروثوسليكات أو الجزر المستقلة من رباعي الأوجه) ، والبناء الأساسي فيها يتكون من وحدات من رباعي الأوجه (SiO_4) المنفردة.
٢	طويفة السوروسليكات Sorosilicates ، والبناء الأساسي فيها يتكون من وحدات كل وحدة منها تتكون من اثنين من رباعي الأوجه مرتبطين عن طريق المشاركة في أيون أكسجين (ركن واحد من التتراهيدرون) بينهما ، وبذلك يصبح تركيبها (Si_2O_7).
٣	طويفة السيكوسليكات Cycosilicates (أو الحلقية) ، تتكون الوحدة في البناء الأساسي فيها من ثلاثة من التتراهيدرون أو أربعة أو ستة مرتبطة مع بعضها البعض عن طريق المشاركة في أيون أكسجين (ركنين) لتكون حلقات ثلاثية أو رباعية أو سداسية الشكل٢٤٨ (SiO_8).
٤	طويفة الاينوسليكات Inosilicates ، (السلسلية) ، تتكون الوحدة في البناء الأساسي فيها من سلسلة مستمرة من رباعي الأوجه المرتبطة مع بعضها عن طريق ركنين فيها لتمتد بصفة مستمرة في اتجاه واحد (عادة يكون اتجاه المحور البلوري ج) ، وقد تكون السلسلة مفردة (SiO_8) n) ، أو مزدوجة.
٥	طويفة الفيللوسليكات Phyllosilicates (الصفائحية) ، تتكون الوحدة في البناء الأساسي فيها من صفائح من رباعي الأوجه المرتبطة ببعضها عن طريق أركان ثلاثة وبذلك تمتد بصفة مستمرة في اتجاهين أو بعدين لتأخذ شكل الصفائح أو الوريقات المتراصة فوق بعضها البعض (Si_4O_{10}).
٦	طويفة التكتوسليكات Tectosilicates (الهيكلية) ، تتكون الوحدة في البناء الأساسي فيها من هيكل من رباعي الأوجه المرتبطة بعضها ببعض عن طريق أركانها الأربعة ، ويبدو الهيكل في شكل شبكة ممتدة في الأبعاد الثلاثة (SiO_2) n).

وتصنيف الطويفة إلى مجموعات يجمع معادن كل مجموعة تشابها في الخواص البلورية والبنائية فمثلا تصنف طويفة السليكات الهيكلية (تكتوسليكات) إلى أربعة مجموعات على هذا الأساس هي:

• مجموعة السليكا Silica group.
• مجموعة الفلسبار Feldspar.
• مجموعة الفلسباثويد Felspathoid.
• مجموعة الزيوليت Zeolite group.

وتضم كل مجموعة عددا من الأنواع ، كل نوع له صفاته الكيميائية والبنائة الخاصة والتي تميزه عن نوع آخر في المجموعة التي تضمها . فمثلا تضم مجموعة الزيوليت أنواع من المعادن كل واحدة منها يتميز عن النوع الآخر بتركيبه الكيميائية الفريد. ولكن في بعض الأحيان يكون هناك تدرج في التركيب الكيميائية بين نوعين أو أكثر من المعادن لتكون ما يعرف باسم متسلسة (أو متتالية). فمثلا ، تضم مجموعة الفلسبار متسلسلة البلاجيوكليز التي تتدرج في تركيبها الكيميائي من البلاجيوكليز الصودي ، من ناحية ، والبلاجيوكليز الكلسي ، من ناحية أخرى ، وبين الطرفين يوجد بلاجيوكليز يحتوي على الصوديوم والكالسيوم بكميات متدرجة بين الطرفين.

والنوع من المعادن قد يضم عدة نويعات أو أصناف. ويتميز النويع عن النويعات الأخرى للنوع الواحد بأن له تركيب كيميائية متغير بين حدين تم الاتفاق على اختيارهما ، فمثلا اللابرادوريت Labradorite هو هذا النويع من نوع البلاجيوكليز الذي تتراوح كمية سليكات الألومنيوم والكالسيوم به بين ٥٠ – ٧٠ بالمائة ، والباقي سليكات الألومنيوم والصوديوم (٥٠ – ٣٠%) . كذلك يعتبر الكوارتز الذي يتكون في درجات الحرارة العالية (بين ٥٧٣° و ٨٧٠° م) – يطلق عليه اسم كوارتز عالي الحرارة أو الفا كوارتز – والذي يختلف في بنائه الذري وشكله البلوري عن الكوارتز الذي يتبلور في درجات حرارة منخفضة (اثل من ٥٧٣ ° م) – طيلق عليه اسم كوارتز منخفض الحرارة أو بيتا كوارتز – يعتبر هذان الاثنان نويعين من نوع الكوراتز.

أما الصنف فهو نويعة من المعدن متغيرة في تركيبها الكيميائية أو صفاتها الفيزيائية عن بقية الأصناف الأخرى التابعة لنوع واحد من المعدن. فمثلا ، هناك صنف من معدن الزيوسيت Zoisite ، يطلق عليه اسم ثوليت Thulite لأن لونه وردي ، وهناك صنف من معدن تتراهيدريت Tetrahedrite يطلق عليه اسم فريبرجيت Freibergite لأنه يحتوي على فضة. والاتجاه الحديث في تسمية المعادن ألا تطلق أسماء مميزة على هذه الأسناف الكيميائية من المعادن ، ولكن تلحق باسم المعدن (النوع) صفة مميزة تشير إلى الاختلاف الكيميائي. فمثلا ، يستبدل اسم فيبرجيت حاليا باسم تتراهيدرت الفضي.

وبالاختصار ، يمكن تسلسل أقسام التصنيف الكيميائية – البلوري للمعادن كما يلي:

• الطائفة Class – الطويفة Subclass
• المجموعة Group – النمط Type
• النوع Species – المتسلسة Series
• النويع Subspecies – الصنف Variety

ويجب ألا يغيب عن الذهن أن تصنيف المعادن ما هو إلا محاولة من جانب جيولوجي المعادن للتبصر والتدبر والتفهم للمعادن ونشأتها ، ولكن نشأة الطبيعة وخلقها لا تعرف الحدود الفاصلة الجامدة ، فالمعادن – ولو أنه منها التمشابه وغير المتشابه – إلا أنه جميعا تمثل وحدات متدرجة ومتطورة في خواصها تنضوي في وحدة الأرض ، ذلك الكوكب المتناسق في خواصه ، والذي هو وحدة من وحدات الكون. ووحدات الكون تندرج كلها

من الصغير – الذرة ومتع هو أصغر منها – إلى الكبير – النجوم وما هو أكبر منها – كلها تنتظم في وحدة واحدة هي وحدة الخلق التي بنيت على قوانين العلم (سنن الخالق الواحد).

وهكذا يجب أن ننظر إلى أن تصنيف الأشياء ذات الصبغة العلمية لايبدو فقط نوعا من التنظيم التقسيمي ، ولكنه يعتبر أيضا أساسا للتقييم والمقارنة. فإذا نظرنا إلى التصنيف هذه النظرة فإنه يقودنا بالتالي خطوة إلى الأمام نحو تقدم العلم ، ويؤدي بنا إلى التفكير في خلق الكون من حولنا بصورة أفضل ، ومن ثم وضع الأساس لاتجاهات جديدة في البحث عن الحقيقة. الحقيقة التي أودعها الخالق الأوحد في كل مظهر وفي كل نظام من مظاهر وأنظمة الكون ، وما خلقنا السماوات والأرض وما بينهما لاعبين ، ما خلقناهما إلا بالحق (= بالعلم) ولكن أكثرهم لا يعلمون ، [صدق الله العظيم].

وفيما يلي أمثلة من المعادن الشائعة مصنفة تصنيفا كيميائية على أساس الشق الحامضي دون ذكر تفاصيل التصنيف في كل قسم (طائفة) من الأقسام الكيميائية الثمانية :

١- المعادن العنصرية: Native Elements

- الفلزات العنصرية: الذهب ، الفضة ، النحاس ، البلاتين ، الحديد.
- أشباه الفلزات العنصرية: الزرنيخ ، البزموت.
- اللافلزات العنصرية: الكبريت ، الألماس ، الجرافيت.

2- الكبريتيدات والأملاح الكبريتيدية: Sulfides and Sulfoslates

- أرجنتيت As2S
- سنبار HgS
- كالكوسيت Cu2S
- ريالجار AgS
- بورنيت Cu5FeS4
- أوربمنت Ag2S8
- جالينا PbS
- ستبنيت Sb2S8
- سفاليريت ZnS
- بيريت FeS2
- كالكوبيريت CuFeS2
- مركزيت FeS2
- بيروتيت FeS
- أرسينوبيريت FeAgS
- كوفيلليت CuS
- مولبدنيت MoS2
- تتراهيدريت Cu12Sb4S18
- تنانتيت Cu12As4S13

3- الأكاسيد والهيدروكسيدات: Oxides and Hydroxides

- كوبريت Cu_2O
- إلمنيت $FeTiO_3$
- بيريكليز MgO
- روتيل TiO_2
- زنكيت ZnO
- بيرولوسيت MnO_2
- كوراندوم Al_2O_3
- كاسيتريت SnO_2
- هيماتيت Fe_2O_3
- يورانيتيت UO_2
- جوتيت $HFeO_2$
- سبينل $MgAl_2O_4$
- ماجنيتيت $FeFe_2O_4$
- كروميت $FeCr_2O_4$
- مانجانيت MnO(OH)
- ليبدوكروسيت FeO(OH)

٤- الهاليدات Halides

- هاليت NaCl
- فلوريت CaF_2
- أتاكاميت $Cu_2(OH)_3Cl$
- كريوليت Na_3AlF_6

5- الكربونات والبورات: .Carbonates, etc

• سترونشيانيت SrCO8
• ويذيريت BaCO8
• سيديريت FeCO8
• كالسيت CaCO3
• رودوكروزيت MnCO8
• كانزيت MgCO8
• ملاكيت Cu2CO8(OH)2
• أزوريت Cu8CO8(OH)2
• نتر KNO8
• نترصودي NANO8

٦- الكبريتات والكرومات والمولبدات والتنجستات: Sulfates

• أنهيدريت CaSO4
• انجليزيت PhSO4
• باريت BaSO4
• جبس CaSO4.2H2O
• سلستيت SrSO4
• إبسوميت MgSO4.7H2O
• كروكويت PhCrO4
• ولفينيت PhMoO4
• ولفراميت Fe.Mn)WO4)
• شيليت CaWO4

7- الفوسفات والزرتينجات والفانادات: Phosphates, etc.

• مونازيت (Ca
• أباتيت Ca6(F

8- السليكات: Silicates

• أوليفين (سليكات الحديد والمغنسيوم ، الزركون (سليكات الزركونيوم) ، جارنت [سليكات الألومنيوم (وعناصر ثلاثية) والمغنسيوم (وعناصر ثنائية)].
• تورمالين (سليكات الألومنيوم والمغنسيوم والبورون والهيدروكسي).
• بيريل (سليكات الألومنيوم والبيرليوم).
• أوجيت (سليكات الكالسيوم والمغنسيوم والحديد والألومنيوم).
• هورنبلند (سليكات الكالسيوم والمغنسيوم والحديد والألومنيوم مع الهيدروكسيد).
• بيوتيت (الميكا السوداء) (سليكات البوتاسيوم والحديد والمغنسيوم والألومنيوم مع الهيدروكسيد).
• مكوفيت (الميكا البيضاء) (سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم مع الهيدروكسي).
• تلك (سليكات المغنسيوم مع الهيدروكسيد).
• أرثوكليز وميكروكلين (سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم).
• البلاجيوكليز (سليكات الألومنيوم والصوديوم والكالسيوم).
• نيفيلين (سليكات الألومنيوم والصوديوم).
• لوسيت (سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم).

تصنيف المعادن تبعا للعناصر "الشق القاعدي"

تصنيف المعادن في بعض الأحيان تبعا للعناصر ، ويستفاد من هذا التصنيف في النواحي الاقتصادية وإستغلال المعادن في الصناعة. وفيما يلي بعض العناصر (مرتبة أبجديا وأمثلة من المعادن التي تحتوي عليها (التعرف على التركيب الكيميائي للمعادن يرجع إلى تصنيف المعادن تبعا للشق الحامضي).

- ألومنيوم: كوراندون ، سيسيل ، "بركسيت" (صخر يتكون من معادن ألومنيوم مختلفة) ، جارنت ، توباز ، بيريل ، كاولينيت ، فلسبارات ، تيفيلين ، لوسيت.
- باريوم: ويذريت ، باريت.
- بوتاسيوم: سلفيت ، بوليهالت ، ألونيت ، أرثوكليز.
- تنجستن: ولفراميت ، شليت.
- تيتانيوم: إلمينيت ، روتيل ، سفين.
- حديد: بيريت ، مركزيت ، هيماتتيت ، إلمينيت ، ماجنتيت ، جوتيت (لميوليت) ، ولفراميت.
- ذهب: عنصر الذهب ، كالافيريت.
- رصاص: جالينا ، سروسيت ، انجليزيت.
- زرنيخ: عنصر الزرنيخ ، ريالجار ، أوربمنت ، أرسينوبيريت.
- زنك: سفاليريت ، فرانكلينيت ، سميثسونيت ، هيميمورفيت.
- زئبق: سنبار.
- فضة: الفضة العنصرية ، أرجنتيت ، بيرارجيريت.
- فوسفور: أباتيت ، موتازيت.
- قصدير: كاستثريت.
- كروميوم: كروميت.
- مغنسيوم: دولوميت ، جانزيت ، أوليفين ، تلك ، "سربنتين".
- موليدنوم: مولبنديينت ، ولفينيت.
- نيكل: نيكوليت ، سليريت ، بنتلاندديت ، جارنيريت.
- يورانيوم: يورانيتيت ، كارنوتيت

التصنيف الكيميائي ..

المعادن سيليكاتية :

النوع	التعريف	المثال
السيليكات المنفردة	حيث تكون رباعيات الأوجه السيليكاتية منفصلة وغير مرتبطة مع بعضها بعضاً ..	معدن الأوليفين ..
السيليكات المزدوجة	حيث تكون رباعيات الأوجه السيليكاتية على شكل أزواج ..	معدن الميليليت ..
السيليكات الحلقية	وتكون ثلاث أو أربع أو ست من رباعيات الأوجه السيليكاتية مرتبة على شكل دائري..	معدن البيريل ..
السيليكات السلسالية	وتكون فيه رباعيات الأوجه السيليكاتية مرتبة على شكل سلاسل مستقيمة وهما نوعين : ١. سلاسل أحادية : وهي مجموعة سيليكات معقدة ٢. سلاسل مزدوجة : وهي كذلك سيليكات معقدة ، تختلف عن البيروكسين في تركيبها السلسالي المزدوج وفي احتوائها على الماء..	١. سلاسل أحادية : مثل : مجموعة البيروكسين منها معدن الاوجيت . ٢. سلاسل مزدوجة : مثل : مجموعة الامفيبول منها معدن الهورنبلند ..
السيليكات الصفائحية	تكون رباعيات الأوجه السيليكاتية مرتبة على شكل صفائح ..	معدن التلك ، ومعادن الميكا بشقيها المسكوفيت و البيوتيت ، والمعادن الطينية ، ومنها الكاولينيت ..
السيليكات الهيكلية	تترتب رباعيات الأوجه السيليكاتية ترتيباً شبكياً ثلاثي الإبعاد ..	معدن الكوارتز ، ومعدن الاورثوكليز ..

المعادن اللاسليكاتية :

النوع	التعريف	المثال
عناصر نقية	يتكون المعدن من عنصر واحد ،	النحاس ، الذهب ، الفضة ، الجرافيت ، الماس ، الكبريت ..
الاكاسيد	وتتكون تلك المعادن من تأكسد بعض العناصر نتيجة اتحادها بالأكسجين	الماجنيتيت ، الهماتيت (وهما من أهم خامات الحديد) ، معدن الكوراندوم (الذي يستخدم في الصقل)..
الهيدروكسيدات	تحتوي على مجموعة الهيدروكسيد ..	الجبسايت ، البروسايت ، ومعدن الليمونيت (مصدر لخام الحديد) ..
الكبريتيدات	تحتوي على كبريت ..	الجالينا ، البيريت ، سفاليريت ، كالكوبايريت ..
الكبريتات	تحتوي على الكبريت + الأكسجين ..	الجبس ، الانهيدريت ، الباريت ..
الكربونات	تحتوي على الكربون ..	معدن الكالسيت ، الدولوميت ، (وهما أكثر معادن الكربونات انتشاراً في القشرة الأرضية) ، السيدريت (معدن من معادن الخامات الحديد) ، معدن المالاكايت (الذي يعد من خامات النحاس)..
الفوسفات	تحتوي على الفوسفات ..	معدن الاباتيت ..
الهاليدات	ـــــ	الملح الصخري (ملح الطعام) (الهاليت) ..

FACIES – PROTOLITH—MINERAL ASSEMBLAGE TABLE:

Facies	Pelitic	Calcareous	Mafic
Zeolite 100-200° C	interlayered smectite/chlorite calcite	calcite	Laumonite, thompsonite, calcite, interlayered smectite/chlorite
Prehnite-Pumpellyite 150-300° C	Prehnite, pumpellyite, calcite, chlorite, albite	calcite	Prehnite, pumpellyite, calcite, chlorite, albite
Greenschist 300-450° C	muscovite, chlorite, quartz, albite, biotite, garnet	calcite, dolomite, quartz, epidote, tremolite	albite, chlorite, quartz, epidote, actinolite, sphene
Epidote Amphibolite 450-550° C	muscovite, biotite, garnet, albite, quartz	calcite, quartz, tremolite, epidote,diopside	albite, epidote, hornblende, quartz
Amphibolite 500-700° C	garnet, biotite, muscovite, quartz, plagioclase, staurolite, kyanite or sillimanite	calcite, diopside quartz, wollastonite	hornblende, plagioclase, garnet, quartz, sphene, biotite
Granulite 700-900° C	garnet, Kspar, sillimanite or kyanite, quartz, plagioclase, hypersthene	calcite, quartz, plagioclase, diopside, hypersthene	plagioclase, augite, hypersthene, hornblende, garnet, olivine
Blueschist 150-350° C P > 5-8 Kb	Jadeite, albite, quartz, lawsonite, aragonite, paragonite	aragonite, white mica	Glaucophane, albite, lawsonite, sphene, ± garnet
Eclogite 350-750° C P > 8-10 Kb	coesite, Kspar, sillimanite, plagioclase	aragonite, quartz, plagioclase, diopside, hypersthene	omphacite (px), pyrope garnet

الفصل السابع

نشأة المعادن

Origin of Minerals

هنا نتسأل: كيف تكونت المعادن في الطبيعة؟ وتحت آية نوع من الظروف تم هذا التكوين؟ وهل طرأ على المعدن تغيير ما منذ تكوينه؟ ومه هو نوع هذا التغيير؟

وعندما ننتهي من الإجابة على هذه الأسئلة يكون قد تجمعت لدينا معلومات أساسية وتكونت لدينا فكرة واضحة عن التاريخ الطبيعي للمعادن ، أو بعبارة أخرى نشأة المعادن. فدراسة نشأة المعادن هي في الحقيقة دراسة لتاريخها الطبيعي ومن أهم خصائص المعادن – كما ورد في تعريفها – أنها منتجات طبيعية ، أي تكونت بفعل عوامل طبيعية.

ويمكن إرجاع نشأة المعادن وتكوينها في الطبيعة إلى أصول أربعة:

١ – التكوين من سوائل طبيعية مصهورة تعرف باسم المجما Magma واللافا (الحمم) Lava:
نتجت غالبية المعادن المكونة للقشرة الأرضية من تصلب مادة صخرية مصهورة. أي أن هذه المعادن عبارة عن مكونات للصخور النارية (أي مجموعات المعادن التي تصلبت من المادة المصهورة).

٢ – التكوين من محاليل: وقد يكون التبلور من محاليل مياه أرضية (من أصل جوي) ذات درجة حرارة عادية ، مثل تكوين ملح الطعام (هاليت) ، أو تتكون المعادن من محاليل مياه نشطة (من أصل ناري) ذات درجة حرارة عالية وضغط كبير نسبيا. وتترسب المعادن المتبلورة من هذه المحاليل في الشقوق والفجوات. أو قد تحل محل معادن وصخور أخرى.

٣ – التكوين من الغازات والأبخرة: وذلك بأن تتبلور بعض المعادن من مواد غازية مباشرة (دون أن تمر بالحالة السائلة). ويحدث هذا كثيرا بالقرب من فوهات البراكين حيث تتصاعد كثير من غازات المواد المتسامية التي لا تلبث أن تكثف بالقرب من فهوة البركان مرسبة بلورات معادن مختلفة. وقد يحدث أيضا أن تتفاعل الغازات النشطة في وف الأرض مع المعادن والصخور التي تقابلها لتكون معادن جديدة.

٤ – التكوين من مواد صلبة (المعادن الموجودة في الصخور المختلفة): وذلك نتيجة لتغير في الظروف المحيطة بها. فقد ترتفع درجة حرارة الوسط الذي توجد فيه نتيجة لتدخل جسم ناري بالقرب منها ، أو

يرتفع الضغط الواقع على المعدن نتيجة لحركات القشرة الأرضية وإنضغاط بعض الصخور والطبقات على بعضها ، أو يتعرض المعدن لموجة من الأبخرة والغازات النشطة التي تغير من الجو الكيميائي المحيط بالمعدن ، أو قد تشترك كل هذه الظروف مجتمعة مع بعضها. وفي كل من هذه الحالات لابد أن يكيف المعدن نفسه للوسط والظروف الجديدة وفي بعض الأحيان يقتضي الأمر أن يتحول المعدن الأصلي إلى معدن جديد مختلف تماما عنه ويتلائم مع الظروف الجديدة.

١- تكوين المعادن من الحمي أو المادة الصخرية المصهورة:

إن الغالبية العظمى من المعادن المكونة للقشرة الأرضية قد تكونت نتيجة لتصلب المادة الصخرية المصهورة التي تعرف باسم المجما. ونعني بكلمة مجما السائل الصخري ذا درجة الحرارة العالية الموجودة أسفل القشرة الأرضية على أعماق ذات حرارة عالية وضغط كبير. أما كلمة لافا (أو لابة أو حمم) فنعني بها السائل الصخري المرتفع الحرارة الذي يظهر على سطح الأرض حيث الضغط قليل (الضغط الجوي العادي). وقد سبق أن عرفنا الصخر بأنه مخلوط طبيعي من عدة معادن ويكون جزءا أساسيا من القشرة الأرضية. وتعرف الصخور التي تتبلور من المجما باسم الصخور النارية ومن أمثلتها الجرانيت والدايورنت والبازلت. ويمكن اعتبار المجما على أنها محلول معقد ثقيل تتحرك فيها العناصر المختلفة بحرية وتحت ظروف خاصة مواتية تتحد هذه العناصر مع بعضها لتكون المعادن.

وتتوقف المعادن الناتجة التي تكون الصخور النارية على التركيب الكيميائية للمجما. ولقد قدر أن العناصر الثمانية التالية تكون – في المتوسط – نحوا من ٩٩% من مجموع العناصر الموجودة في المجما: الأكسجين ، السليكون ، الألومنيوم ، الحديد ، المغنسيوم ، والكالسيوم ، والصوديوم ، والبوتاسيوم.

أما الواحد في المائة الباقية فتشمل العناصر المختلفة مثل الأيدروجين والكربون والكبريت والفوسفور والكلور وكذلك الفلزات الاقتصادية مثل الذهب والنحاس والبلاتين والرصاص والزنك ...ألخ.

وتوجد العناصر الثمانية الشائعة (التي تكون ٩٩%) بنسب مختلفة في المحاليل الصخرية المصهورة المختلفة (المجما المختلفة) . وتوجد العناصر المختلفة في المجما في هيئة محاليل السليكات المختلفة التي بها بعض الأكاسيد والكبريتيدات. وتتبلور السليكات أولا من المجما لتعطي المعادن السليكاتية الهامة المكونة للصخور وهي: الفلسبارات البلاجيوكليزية (سليكات الألومنيوم والصوديوم والكالسيوم) ، والأوليفين (سليكات الحديد والمغنسيوم) ، ومعادن البيروكسين (مثل معدن أوجيت Augite – سليكات الكالسيوم والألومنيوم والحديد والمغنسيوم) ، ومعادن الأمفيبول Amphiboles (مثل معدن هورنبلند Hornblende – سليكات الكالسيوم والألومنيوم والحدي والمغنسيوم والماء) ، والميكا Mica (مثل البيوتيت Biotite – سليكات البلوتاسيم والالومنيوم والماء) ، والفلسبارات البوتاسية (ومن أمثلتها الأرثوكليز والميكروكلين Mocrocline – معدنان متعددا الأشكال تركيبهما الكيميائية سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم) والكوارتز (ثاني أكسيد السليكون).

وتتكون الصخور النارية أساسا من هذه المعادن ، مثال ذلك ، يتكون أحد أنواع الجرانيت من معادن الأرثوكليز والكوارتز والبيوتيت. أما صخر الجابرو فيتكون من البلاجيوكليز والأوجيت. وفي بعض الأحيان قد تتبلور أكاسيد وكبريتيدات الفلزات النافعة (مثل الحديد والتيتانيوم والنحاس والكروميوم ... الخ) من المجما لتكون رواسب الخامات (أي رواسب القيمة الاقتصادية) ومن أمثلتها الماجنتيت (أكسيد الحديد) والألمينيت (أكسيد الحديد والتيتانيوم) والكروميت (أكسيد الحديد والكروم) والكالكوبيريت (كبريتيد النحاس والحديد). وتتكون هذه الرواسب الركازية بانفصال هذه المعادن مباشرة من المجما – نتيجة لعدن قابليتها للذوبان في المجما – وتجمعها في هذه الرواسب. وتحتوي المجما أيضا على كميات صغيرة من بعض المواد الطيارة (أو المواد الممعدنة) ذاتية فيها مثل بخار الماء وغاز الكلور الفلور والكبريت وثاني أكسيد الكربون... الخ.

ولا تدخل هذه المواد أو المكونات بكميات كبيرة في التركيب الكيميائية للمعادن التي تبلورت من المجما في المراحل الأولى ، ونتيجة لذلك فإنها تتجمع وتتركز في السائل المتبقي في المجما. ولما كان بخار الماء هو أكثر هذه المواد وجودا فإن هذا السائل المتبقي من المجما في النهاية يتكون أساسا من محلول مائي ذي درجة حرارة عالية. يعرف باسم المحاليل المائية الحارة أو المحاليل المجمائية Magmatic solutions.

٢-تكوين المعادن من المحاليل:

تكونت كثير من المعادن في الطبيعة نتيجة لتبلورها من المحاليل مثل معدن هاليت (NaCl) ، وكالسيت (CaCO2) .. الخ.

وهناك مصدرين مختلفين للمحاليل المائية التي توجد في القشرة الأرضية:

(أ) المياه السطحية (مثل الأمطار والأنهار) التي تتسرب خلال المسام والشروخ والفواصل في الصخور المختلفة لتغطي المياه الأرضية أو المياه الجوية.

(ب) المياه المجمائية وهي عبارة عن المحاليل المتبقية من المجما ، وتكون ذات درجة حرارة عالية ومركزة جدا. وتعرف هذه المياه باسم المحاليل المائية الحارة.

وتتبلور أي من هذه المحاليل نتيجة لإحدي الطرق الطبيعة التالية:

١–بخر السائل المذيب: تحتوي مياه البحار والمحيطات والبحيرات المالحة على أملاح كثيرة مذابة فيها ومكونة لمياه ملحية. وعندما تتركز نسبة هذه الأملاح في هذه المحاليل نتيجة لبخر الماء المذيب فإنها تصل إلى درجة تترسب بعدها بعض المعادن. والمعروف أن مياه البحر تحتوي على الأملاح التالية: NaCl (78%)، MgCl2 (9%)، MgSO4 (6%)، CaSO4 (4 %)، KCl (2%). أي أن هذه الأملاح الخمسة – كلوريدات الصوديوم والمغنسيوم والبوتاسيوم وكبريتات المغنسيوم والكالسيوم – تكون ٩٩% من الأملاح الموجودة في البحر. وعندما تتبخر مياه البحر تتبلور هذه المعادن أو مجموعات معينة منها من المحلول بترتيب درجة ذوباتها. فيتبلور أولا – بصفة عامة – الملح الأقل ذوبانا : كربونات الكالسيوم ثم كربونات المغنسيوم ويليه الملح الأكثر ذوبانا: كبريتات الكالسيوم ، ثم تنتهي عملية التبلور بأكثر الأملاح ذوبانا مثل كلوريد الصوديوم.

٢- التريسب من المياه الأرضية نتيجة لفقدان الغاز الذي يعمل كمذيب: تحتوي المياه الأرضية المتحركة في القشرة الأرضية في بعض الأحيان على كميات لا بأس بها من غاز ثاني أكسيد الكربون مذابا فيها ، وتتحول هذه المياه إلى حامض ضعيف (هو حامض الكربونيك). وعندما يصادف هذا الحامض الضعيف في طريقه صخورا جيرية (كربونات الكالسيوم) فإنه يذيبها حيث تتكون بيكربونات الكالسيوم القابلة للذوبان في الماء ، ولكن لما كان هذا المركب الكيميائية الأخير مركبا غير مستقر فإنه يفقد – تحت ظروف كثيرة – مابه من ثاني أكسيد الكربون المذاب في الماء ليتحول إلى الكربونات المستقرة (أو الثابتة) التي لا تذوب في الماء فترسب في الحال كمعدن كالسيت كما في المعادلات الكيميائية التالية:

$$Ca(HCO2)2 = CaCO3 + H2O + CO2$$

$$Ca(HCO3)2 = CaCO8 + CO2 + H2O$$

وفي المناطق الرطبة كثيرة الأمطار والتي تكثر فيها الصخور الجيرية ، تذيب المياه الأرضية كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم وتحدث فراغات كبيرة تعرف باسم الكهوف . وعندما تتبخر المياه من هذه الكهوف يترسب فيها معدن الكالسيت في هيئة أعمدة مخروطية تتدلى بعضها من سقف الكهف وتعرف باسم استلاجميت Stalagmite. وهناك بعض الينابيع تخرج منها مياه مذاب فيها ثاني أكسيد الكربون وبيكربونات الكالسيوم ، وعندما تفقد ثاني أكسيد الكربون نتيجة للبخر تترسب منها الكربونات في هيئة مسحوق أبيض متماسك في هيئة كتل مختلفة حول الينبوع ، وتعرف هذه الرواسب باسم ترافرتين Travertine.

٣- انخفاض درجة حرارة المحلول وضغطه: تتكون المحاليل المائية الحارة (المحاليل المجمائية) في ظروف ذات درجات حرارة وضغط عالية ، وتحتوي – نتيجة لذلك – على كميات كبيرة من المواد المذابة مثل الأكاسيد والكبريتيدات والكربونات .. الخ. وعندما تبرد هذه المحاليل ويقل ضغطها يترسب منها معادن مختلفة تعرف بالمعادن المائية الحارة.

ولقد قسمت هذه الرواسب المعدنية المائية الحارة إلى ثلاثة أقسام على أساس درجة حرارة المحلول الذي ترسبت منه والعمق الذي تكونت فيه وهذه الاقسام الثلاثة هي:

١-رواسب عالية الحرارة Hypothermal deposits: تكونت من محاليل ذات درجات عالية من الحرارة (300°- 500°م) وتحت ضغط كبير ، أي في أعماق بعيدة من سطح الأرض. ومن أمثلتها الرواسب التي تحوى معادن الولفراميت Wolframite (تنجستات الحديد والمنجنيز) والمولبدينيت Mloybdenite (كبريتيد المولبدنوم) والكاسيتريت Cassitrite (أكسيد القصدير) والجارنت والتوباز والأباتيت.

٢- رواسب متوسطة الحرارة Mesothermal deposits: وهذه الرواسب تكونت من محاليل ذات درجات متوسطة من الحرارة (200° - 300° م) وتحت ضغط متوسط أي على أعماق متوسطة. ومن أمثلتها الرواسب التي تحوي معادن كالكوبيريت وسفاليريت وجالينا وأرسينوبيريت وتتراهيدريت وكالسيت وباريت.

٣- رواسب منخفضة الحرارة Epithermal deposits: وهذه الرواسب تكونت من محاليل ذات درجات حرارة أقل من المتوسط (50° - 200° م) وتحت ضغط أقل من المتوسط ، أي قريبا نسبيا من سطح القشرة الأرضية ومن أمثلتها الرواسب التي تحوي معادن السنبار (كبريتيد الزئبق). والاستبنيت (كبريتيد الأنتيمون) والمركزيت (كبيرتيد الحديد) والكالسيت والفلوريت والأوبال والكوارتز.

وعندما تدخل المياه الأرضية (من أصل جوي وذات درجة حرارة منخفضة) في مناطق ساخنة أثناء تجولها في القشرة الأرضية فإن درجة حرارتها لا تلبث أن ترتفع ، وتسخن هذه المياه وتصبح قادرة على إذابة المعادن التي تقابلها وتبقي هذه المحاليل تحت ضغط حتى تجد منفذا لها (قد يكون شقا أو شرخا في القشرة الأرضية ، فتنفذ منه لتظهر على سطح الأرض في هيئة ينابيع حارة متفجرة تعرف باسم جايزر Geysers. وبمجرد أن تنخفض درجة حرارة هذه الينابيع المتفجرة ويقل الضغط عليها فإنها ترسب كميات كبيرة من الرواسب السليسيية الدقيقة الحبيبات والتي تعرف باسم السنترالسيلسي أو الجايزريت Geyserite "عبارة عن مادة بيضاء مسامية مكونة من ثاني أكسيد السليكون".

٤- تفاعل المحاليل مع المواد الصلبة "الإحلال": قد يتفاعل محلول يحتوي على كبريتات الزنك مع الحجر الجيري "كالسيت" وينتج عن هذا التفاعل تكوين معدن سيمثسونيت Smithsonite "كربونات الزنك " وكبريتات الكالسيوم وتعرف هذه العملية التي يتغير فيها المعدن الصلب إلى معدن آخر جديد بفعل المحاليل باسم الإحلال أو التحول السائلي. ويحدث غالبا أن يذيب المحلول المعدن الذي يصادفه ويرسب في مكانه في نفس الوقت معدنا آخر. ويحتفظ المعدن الجديد بالشكل الخارجي للمعدن القديم. وتكون مادة المعدن الجديد – نتيجة لذلك – شكلا كاذبا للمعدن القديم. ومن أمثله ذلك الخشب الأوبالي Opalized wood الذي نتج من إحلال معدن الأوبال (SiO2nH2O) محل المادة السليلوزية المكونة للخشب بواسطة المحاليل المحملة بثاني أكسيد السليكون ،ولا يزال الأوبال في هذا الخشب محتفظا بالمظهر الخشبي.

٥- تأثير الكائنات الحية على المحاليل: تستخلص بعض الكائنات الحية مثل المرجان والرخويات "المحاريات" كربونات الكالسيوم من مياه البحار التي تعيش فيها وتفرزها في هيئة اصداف وأجزاء صلبة ضمن أجسامها. وتترسب كربونات الكالسيوم في هذه الأجزاء الصلبة إما في هيئة معدن كالسيت أو معدن أراجونيت. كما أن هناك أنواعا معينة من البكتريا يمكنها إمتصاص أكاسيد الحديد أو الكبريت من المياه التي تعيش فيها والتي تحتوي على الحديد أو الكبريتات مذابة فيها. فإذا ماتت هذه البكتريا وتكدست تكونت رواسب معدنية تحتوي على أكاسيد الحديد أو الكبريت.

٣-تكوين المعادن من الغازات:

أن المجما تحتوي على غازات ومواد طيارة مذابة فيها تحت ضغط كبير وفي درجة حرارة عالية، وقد لاحظنا أن هذه المواد الطيارة والغازية – بصفة عامة – لاتدخل في التركيب الكيميائي للمعادن التي تتبلور في المراحل الأولى من المجما (أوليفين – بيروكسين – أمفيبول – فلسبار .. الخ) ونتيجة لذلك تصبح المجما في المراحل الأخيرة من عملية التبلور غنية بهذه المواد الطيارة. وتحت ظروف مواتية ، كأن يقل الضغط الواقع عليها نتيجة لمصادفتها الشروخ أو الفواصل أو المسام في الصخور ، تترك هذه المواد الطيارة والغازات المجما المتبقية وتتفاعل مع بعضها البعض أو مع الصخور المحيطة بها. وتشمل هذه المواد الطيارة والغازات بخار الماء (أكثرها وجودا) والكلور والفلور والبورون والكبريت والمركبات الطيارة لهذه العناصر. أما إذا كانت المجما قريبة من السطح أو على السطح "لافا" كما في انفجارات البراكين – فإن هذه المكونات الطيارة تهرب لقلة الضغط عليها ثم لاتلبث أن تبرد وتتجمد بسرعة لتترسب مباشرة في هيئة صلبة حول فوهة البركان. ومن أمثلة المعادن التي تتكون بهذه الطريقة الهاليت ، وملح الأومنيا ، والكبريت والحامض البوريك.

أما إذا لم تهرب الغازات – لأن المجما كانت على أعماق بعيدة عن سطح الأرض – فإنها تتفاعل مع الصخور المحيطة بالجسم الناري "مجما جرانيتية " ، وتتكون معادن جديدة نتجة لهذا التفاعل بين الغازات والصخور الصلبة والذي يعرف باسم التحول الغازي. ومن أمثلة المعادن اناتجة من التحول الغازي معدن الكاسيتريت (ثاني أكسيد القصدير) الذي يوجد غالبا مع معدن الفلوريت في صخر واحد ، ويتكون المعدنان نتيجة لتفاعل فلوريد القصدير (مادة طيارة تهرب في المجما) مع الماء (خارج المجما) وينتج أكسيد القصدير وحامض الفلوردريك الذي يتفاعل بدوره مع الكالسيت المكون للصخور الجيرية وينتج معدن الفلوريت :

كما في المعادلات الكيميائية التالية:

$$SnF_4 + 2H_2O = SnO_2 + 4HF$$

كاسيتريت مركب طيار

$$HF + 2CaCo_3 = 2CaF_2 + 2H_2O + 2Co_2$$ ٤

فلوريت كالسيت

ومن المعادن الأخرى التي تتكون نتيجة للتحول الغازي معدن التورمالين Tormaline "سليكات البورون والألومنيوم والحديد والمغنسيوم والصوديوم" ، والذي يتكون نتيجة لتفاعل المواد الطيارة الغنية بالبورون مع صخور المنطقة.ومعدن التوباز Topaz "سليكات الألومنيوم والفلورين" الذي ينتج من تفاعل غاز الفلور مع صخور المنطقة ، ومعدن الأباتيت Apatite "فوسفات وكلوريد أو فلوريد الكالسيوم" الذي ينتج من تفاعل مواد طيارة تحوي الفسفور والكلور والفلور مع صخور المنطقة الجيرية.

٤-تكوين المعادن من مواد صلبة بواسطة التحول Metamorphism:

تتغير المعادن المكونة للصخور وكذلك بناؤها وخواصها تغيرا كاملا إذا أثرت عليها عوامل خاصة أهمها الحرارة والضغط وبخار الماء والتفاعلات الكيماوية للمحاليل. وتعرف هذه التغيرات التي تطرأ على المعادن باسم التحول. وقد تتحول الأنواع المختلفة من الصخور النارية الرسوبية لتنتج صخورا متحولة. وقد يحدث التحول في منطقة محدودة تحيط بالجسم الناري المتدخل في الصخور ، ويعرف هذا التحول باسم التحول المحدود أو الحرارة. وقد يحدث التحول على نطاق واسع نتيجة للحركات الأرضية البانية للجبال ويشترك في هذه الحالة عاملا الضغط والحرارة في تحويل الصخور الأصلية ويعرف هذا التحول باسم التحول الاقليمي أو التحول الحراري الضغطي. وينتج عن التحول الحراري معادن جديدة أكثر من المعادن التي تتكون نتيجة للتحول الحراري الضغطي ، إذ أن هذا الأخير يظهر أثره في التعديلات المختلفة التي يسببها في بناء الصخور أكثر من تكوين المعادن الجديدة. ومن أمثلة المعادن التي تتكون بفعل التحول الحراري: الجرافيت "من تبلور الكربون الموجود في الصخر المتحول" ، الجارنت "من اتحاد أكاسيد سليكات الحديد والألومنيوم" ، ولاستوينت (Wloisstonite ($CaSiO3$ ، من اتحاد كربونات الكالسيوم وثاني أكسيد السليكون بفعل الحرارة... الخ.

تحلل المعادن بالعوامل الجوية:

بمجرد أن تتكون المعادن تتعرض للعوامل الجوية المختلفة فإنها تكون عرضة للتغير ، ويعرف هذا التغير باسم التأثير الجوي أو التجوية . وقد يكون هذا فيزيائية أو كيميائية ، أما التاثير الفيزيائي فهو الذي يؤدي إلى تكسير المعادن وتفتيتها ويحدث هذا بواسطة عوامل فيزيائية مثل انخفاض درجة الحرارة وارتفاعها ، وكذلك بفعل الجاذبية والرياح والأنهار وقيامها بنقل الحبيبات المعدنية من مكان آخر فتنبري وتتكسر وتستدير حوافها.

أما التأثير الكيميائي فهو الذي يذهب من معالم المعدن ويحول مركباته الكيميائية إلى مركبات كيميائية جديدة أي إلى معادن جديدة ، ولذلك تعرف هذه العملية باسم التحلل ، وتشمل عمليات كيميائية يدخل فيها الأكسجين "أكسدة" والماء "التموء" وثاني أكسيد الكربون "الكربنة" وقد تحدث هذه العمليات الكيميائية بسرعة أو ببطء. وفي معظم الأحيان تشترك هذه التفاعلات الكيميائية مع بعضها البعض فينتج على أسطح المعادن المعرضة للعوامل الجوية معادن جديدة عبارة عن كربونات أو أكاسيد أو مركبات مائية للفلزات المكونة للمعادن الاصلية. وقد تبقى هذه على السطح لتدل على المعادن الأصلية التي تحتها ، أو قد تذوب في مياه الأمطار والسيول لترس مرة أخرى في العروق القريبة من سطح الأرض ، أو قد تنتقل إلى الأنهار ومنها إلى البحار حيث تنضم إلى الأملاح المختلفة في البحر.

ومن أمثلة المعادن التي تتكون نتيجة لعمليات الكربنة (تأثير ثاني أكسيد الكربون الذائب في الماء) تكوين معدن الكالسيت $CaCO8$ في هيئة عمدان إسطوانية متدلاة من سقوف الكهوف تعرف باسم الأستلاكتيت Stalactite وأخرى قائمة على أرضية هذه الكهوف وتعرف باسم إستلاجميت Stalagmite.

ومن أمثلة الأكسدة تكوين الرواسب المعروفة باسم اللاتريت Laterite وهي عبارة عن مخاليط من معادن أكاسيد الحديد والألومنيوم المتميئة ، وفي هذه الرواسب تغلب نسبة أكاسيد الحديد على الألومنيوم.وقد تكونت هذه الرواسب المعدنية نتيجة لأكسدة المعادن للحديد ومغنيسية في الصخور النارية في المناطق الاستوائية الحارة الرطبة. أما إذا كانت نسبة المعادن الحاوية للحديد قليلة جدا في الصخر المتحلل "مثل الجرانيت والسيانيت وغيرهما من الصخور الغية بالفلسبارات ، فإن الراسب المتبقي عن التحلل يتكون معظمه من معادن أكاسيد الألومنيوم المائية ويعرف هذا الراسب باسم بوكسيت Bauxite. ومن المعادن التي تتأكسد بسهولة معدن البيريت (Pyrite FeS_2 وهو معدن أصفر براق يتأكسد أولا إلى كبريتات الحديدوز والكبريت تبعا للمعادلة التالية: $FeS_2 + 2O_2 \rightarrow FeASO_4 + S$. أما كبريتات الحديدوز فهي سهلة الذوبان وسريعة التحول إلى مواد أخرى ، كما أن الكبريت يتأكسد إلى أكاسيد الكبريت المختلفة. ومن أمثلة التموء "اتحاد الماء مع مختلف المركبات المعدنية لتكوين معادن مائية" تموء معادن الفلسبار لتعطي المعادن الطينية ، وتموء معدن الأنهيدريت $CaSO_4$ يعطي معدن الجبس.$CaSO_4$.

كيفية تكون المعادن :

نشأت من الصهير أو الماجما .

العوامل التي تؤدي إلى تكوين معدن أو خام أو الاثنين معاً :

١ – نوعية العناصر في المعدن :

مثلا: إذا كان المصدر محتوياً على عنصر السليكون تتكون معادن السليكات .

٢ – درجة تركيز العناصر في المصدر :

مثلاً: في حالة تواجد عنصر الحديد بنسبة ضئيلة في المصدر تتكون معادن مثل الهورنبلد ـ الأوجيت

و إذا تواجد عنصر الحديد بتركيز عالي تتكون أحد خامات الحديد مثل الهيماتيت _ الماجنتيت

٣ – الظروف الفيزيائية والكيميائية للمصدر:

مثل درجة الحرارة ـ الأس الهيدروجيني .

و التي تؤثر في نوعية نواتج التفاعلات الكيميائية المؤدية الي تكوين المعادن أو الخامات .

٤ – البيئة المحيطة بالمصدر :

مثلاً: تختلف نواتج المصدر في البيئات المؤكسدة عن نواتج في البيئات المختزلة .

٥ – التركيب الكيميائي للصخور المحيطة بالمصدر:

يلعب التركيب الكيميائي للصخور المحيطة بالمصدر دوراً كبيراً في التركيب الكيميائي للمصدر و ذلك نتيجة حدوث تفاعلات كيميائية متبادلة مما يؤدي إلى تكوين نوعيات معينة من المعادن و الخامات .

٦ – مرحلة التبلور :

ـ في المراحل الأولية تتكون المعادن التي تعتمد في تكوينها على العناصر الأساسية (السليكون ـ الألمنيوم ـ الكالسيوم ـ الصوديوم ـ البوتاسيوم)

ـ في المراحل المتأخرة يزيد تركيز العناصر النادرة مثل النحاس الكوبلت ـ _الباريوم ......

نشأة الخامات المعدنية :

الخامات المعدنية : هي جسم جيلوجي او تكوين يتركز فيه معدن او اكثر بنسبه تجعل له قيمه اقتصادية .

$$\text{معامل التركيز} = \frac{\text{تركيز العنصر في الخام}}{\text{معامل تركيز هذا العنصر في الخام}}$$

ـ كلما كان معدل التركيز اكبر كان تركيز العنصر في الخام اكبر.

ـ يتفاوت تركيز الخامات بين البلدان بشكل كبير.

ـ عملية تكوين الخام هي عملية معقدة نتيجة عدة عمليات .

طرق نشأة الخامات وانواعها :

تحتوي القشرة الارضية(٨٧)عنصرا تركيزها متفاوت عشرة فيها تكون اكثر من (٩٩%) من وزن القشرة والباقي يكون اقل من (١%) من وزنها .

أولا : الخامات الماجماتية (مصاحبة للصخور النارية) :

ـ يتوقف نوع المعادن الناتجة من الصهير على تركيبه الكيميائي .

مكونات الصهير الصخري :

١ ـ مكونات غير طياره :

تتميز بدرجة الصهار عالية تزيد عن ١٠٠٠درجة سيليزية وتتكون ٩٩% من هذا المواد من سبعة اكاسيد أحدها حمضي وهو ثاني اكسيد السليكون يوجد بنسبة (٣٥%-٧٥%) اما باقي الاكاسيد فهي قاعدية وتشمل أكسيدالالومنيوم أكاسيد الحديد الثنائي والثلاثي أكسيد المغنيسيوم أكسيد الكالسيوم وأكسيد الصوديم أكسيد البوتاسيوم .

ملاحظه : الصهير الغني بالسيلكا والالمنيوم عادة يكون فقيرا في اكاسيد الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد .

٢ ـ مكونات طيارة :

مثل ، الفلور ،الكلور ،البورون ،بخار الماء ،ثاني أكسيد الكربون ،وتوجد بكمية ضئيله جدا في الانواع المختلفة من الصهير وهذه المواد الطيارة ذات اهمية بالغة في تكوين وتركيز الخامات المعدنيه وعندما يبدا الصهير في التصلب والتبلر يتحد واحد او اكثر من الاكاسيد القاعديه مع السيليكا الحمضيه تحت ظروف مناسبة من الحرارة والضغط ويتوقف نوع السيليكات الناتجه عن التركيب الكيميائي للصهير .

مثلا:- الصهير الغني بالسليكا و الألمنيوم و القلويات :- يكون معادن الفلسبار – الكوارتز – الميكا (المسكوفيت) .

الصهير الغني بالسلكا و أكاسيد المغنيسيوم و الحديد و الكالسيوم يكون معادن الأوليفين – البيروكسين – الأمفيبول – البيوتيت .

المراحل المختلفة لتصلب الصهير :

١ – مرحلة الصهير القويم : وهي المرحلة الأولى من تصلب الصهير حيث يكون الصهير مرتفع اللزوجة و تبدأ عملية تمايز (انعزال) لبعض الفلزات و الأكاسيد الفلزية والكبريتيدات الفلزية الصعبة الذوبان في الصهير.

وينتج عن عملية التمايز : تركيز المواد ذات الأهمية الاقتصادية في خامات معدنية تحوي فلزات مثل الذهب – البلاتين و معادن الأكاسيد مثل الماجنتيت – الإلمينيت – الكروميت و معادن الكبريتيدات مثل كالكوبيريت ، وتعتبر هذه المعادن من المعادن الإضافية .

المعادن الإضافية هي معادن توجد بنسبة ضئيلة ولا تؤثر في تسمية المعدن .
المعادن الأساسية هي معادن توجد بنسبة عالية ويؤثر وجودها في تسمية المعدن .
عندما تنخفض درجة الحرارة الصهير تبدأ المعادن الأساسية في التكوين حسب نظم معينة .

- تتبلور المعادن القاعدية الفقيرة بالسليكا أولا لأنها أقل ذوبانا في الصهير ثم تتبلور المعادن الأقل قاعدية و المحتوية على نسبة أكبر من السليكا ، ثم تتبلور المعادن الأكثر حمضية و المحتوية على نسبة قليلة من العناصر القاعدية .

التبلور النوعى (التجزيئى) : هي عمليات انفصال لمعادن السليكات أثناء تصلب الصهير .
الصخور (المعادن) الحمضية : هي التي تحتوي على نسبة كبيرة من السليكا و نسبة قليلة من معادن الحديد و المغنيسيوم و يكون لونها فاتح ووزنها النوعي خفيف .
الصخور القاعدية : هي التي تحتوي على نسبة قليلة من السليكا و نسبة عالية من معادن الحديد و المغنيسيوم يكون لونها داكن ووزنها النوعي ثقيل .

٢ – المرحلة البجماتيتية :

تتكون الخامات من الجزء السائل من الصهير منخفض اللزوجة والغني ببعض العناصر الإضافية ذات القيمة الإقتصادية .
حيث تنموالبلورات إلى أحجام كبيرة تسمح باستغلالها اقتصاديا . وتعمل السيولة العالية للصهير على تسربه لمسافات كبيرة داخل الشقوق و الكسور الصخرية حيث يبرد ببطء ويكون بلورات ذات حجم كبير مثل الكوارتز – الميكا ومعادن الأحجار الكريمة مثل الزمرد والتورمالين مكونة عروق البيجماتيت.
الخامات المعاصرة : هي الخامات التي تتكون أثناء نشأة المعادن المكونة للصخور النارية (مرحلة الصهير القويم – المرحلة البيجماتيتية).

٣- المرحلة الغازية :

يتسرب ما تبقى من المرحلتين السابقتين من غازات وأبخرة حارة نشطة و مواد طيارة قوية التفاعل بين الشقوق و مسامات الصخور المحيطة بالصهير فتبرد وتتفاعل مع بعضها البعض ومع الصخور المحيطة و المعادن سابقة التكوين من تصلد الصهير تتكون معادن أخرى تميز هذه المرحلة مثل :

أ – معدن الكاسيتريت (أكسيد القصدير) ينتج من تفاعل الفلور مع القصدير مكونا فلوريد القصدير وتهرب هذه المادة من الصهير لأنها طيارة وتتفاعل مع الماء في درجات حرارة منخفضة مكونة معدن الكاسيتريت .

ب– معدن الفلوريت ينتج من تفاعل فلوروديك مع الصخور الجيرية المجاورة مكونا معدن الفلوريت (فلوريد الكالسيوم) وهذا يفسر تواجد معدن الكاسيتريت مصحوبا بمعدن الفلوريت أو مجاورا له .

ج– معدن التيتانيوم : ينتج من تفاعل غاز الكلور مع التيتانيوم مكونا كلوريد التيتانيوم الذي يتفاعل مع الماء مكونا معادن أكسيد التيتانيوم (الروتيل – أناتاز) .

٤- مرحلة المحاليل المائية الحارة :

وهي آخر مرحلة من مراحل تصلد الصهير حيث يصبح الجزء المتبقي من الصهير عبارة عن محلول مائي حار جدا ،لذلك يعمل على حمل وإذابة معظم المركبات الفلزية ذات القيمة الإقتصادية ، ثم تتسرب تلك المحاليل المائية في الشقوق الصخرية لمسافات ثم ترسب حمولتها حيث تبدأ بترسيب المعادن قليلة الذوبان في المحاليل الحارة يليها المعادن الأكثر قابلية للذوبان ويتوقف ذلك على درجة حرارة المحلول – الضغط الواقع عليه أثناء الترسيب.

– لذلك تنقسم الرواسب المعدنية من المحاليل الحارة إلى :

أ – رواسب عالية الحرارة :

حيث تترسب على أعماق كبيرة مثل الكاستيريت – جارنت – توباز .

ب – رواسب متوسطة الحرارة :

تترسب على عمق متوسط من سطح الأرض مثل كالكوبيريت – باريت – كالسيت .

ج – رواسب منخفضة الحرارة :

تترسب بالقرب من سطح الأرض مثل الكوارتز – فلوريت – أوبال .

الخامات اللاحقة : هي خامات المرحلة الغازية و خامات المحاليل المائية الحارة .

ثانيا: الخامات المتكونة من المحاليل السطحية :

(خامات المعادن الرسوبية):

وتتكون من ترسيب المعادن المذابة في مياه البحار والمحيطات والأنهار في شقوق الصخور ثم بخر هذه المحاليل .

طرق تكوينها :

١- بخر السائل المذيب :

تتكون نتيجة بخر الماء من الأملاح المذابة في المياه السطحية .

حيث تترسب أملاح الكربونات أولا مثل (الكالسيت ثم الماغنسيت) ثم أملاح الكبريتات مثل معدن الجبس ثم أملاح الكلوريدات مثل معدن الهاليت .

ملاحظة: تترسب العناصر الأقل ذوبانا ثم الأكثر ذوبانا .

٢- بخر الغاز المساعد على الإذابة:

يتحد ماء المطر مع غاز ثاني أكسيد الكربون مكونا حمض الكربونيك (الأمطار الحمضية) وهذا الحمض له قدرة إذابة الصخور الجيرية عندما يتخلل داخلها مكونا كربونات الكالسيوم الهيدروجينية وعندما يفقد هذا المركب ثاني أكسيد الكربون يتحول لي كربونات الكالسيوم غير القابلة للذوبان في الماء مثل تكون معدن الكالسيت والارجوانيت .

٣- رواسب الفرز :

تتكون من تركيز حبات المعادن الثقيلة الأكثر كثافة عند المنخفضات والأماكن خفيفة الانحدار مثل الذهب ، الماس ، البلاتين ، الرمال السوداء على شواطئ البحر.

ثالثا: خامات التحول :

وهي الخامات التي تتكون بفعل الحرارة الشديدة أو الحرارة والضغط معا مما يؤدي إلى تغير كامل أو جزئي في الصخور منتجة خامات معدنية جديدة (صخور متحولة) وسبب ذلك أما:

١- تداخل ناري (ماجماتى).

٢- محاليل مائية حارة.

وتنقسم هذه الخامات:

١- خامات التحول التماسى (الحراري):

وتتكون نتيجة تداخل ناري أو محاليل مائية حارة في الصخور مثل تحول معادن الحديد المائية إلى هيماتيت أو ماجنتيت .

٢- خامات التحول الإقليمي (حرارة وضغط معا):

تتكون نتيجة هبوط الصخور إلى أعماق كبيرة مما يؤدي إلى تركيز البعض العناصر وتكون خامات فلزية مثل خامات الحديد ، خامات الجرافيت ، الاردواز..

طرائق استخراج الخامات السطحية وتحت السطحية:

استخراج الخامات السطحية:

طرق استخراج الخامات السطحية :

١- التحجير: هي عملية استخراج الصخور التي تستعمل في البناء ورصف الطرق حيث تستخرج المواد التي تستخدم على حالتها التي تستخرج عليها.

٢- عملية استخراج الخامات:

عملية معالجة المواد المستخرجة للحصول على معدن أو أكثر .

تعتمد عليه استخراج المعادن من الرواسب السطحية المفككة على:

- **كمية المعادن الموجودة بالرواسب .**
- **امتداد وعمق وطبيعة المواد المعدنية .**
- **سمك الأرض التي تغطي الرواسب .**
- **موقعه الجغرافي**

استخراج الخامات السطحية:

- قطع الصخور .

-عملية استخراج الخامات بالطريقة المكشوفة.

-الحفر ثم النسف لتفكيك الأرض إذا كانت الرواسب شديدة التماسك.

-الغسل للرمال والحصى المنحوتة على المعادن القيمة لاختلاف الوزن النوعي.

-التذرية :في حالة عدم توفر الماء مثل المناطق القارية الصحراوية .

استخراج الخامات تحت سطح الأرض:

١- حفر مدخل إلى الجسم الخام إذا كانت التضاريس ملائمة .

٢- حفر في الخام ثم نسفه وتسقط المواد المتكسرة إلى منسوب أقل حيث ينتقل الخام إلى وحدة التركيز لمعالجته وهذه في حالة مناجم المعادن الفلزية .

٣- طريقة الأعمدة والغرف : وهذه للرواسب الأفقية أو ذات الميل الخفيف .

حيث تحفر مجموعة من الممرات في مستويات افقه في الخام الذي ينسف بعد حفر ثقوب فيه ثم ينتقل الخام المتكسر إلى مستودعات التخزين.

٤ – الخامات التي لاتوجد على شكل عروق (شكل كتل كبيرة) :

تستخرج بشق ممر رئيسي تحت قاع الخام ويتفرع فيه عند مسافات مناسبة عدد من الفتحات العمودية لتكوين ممرات ثم يستخرج الخام بطريقة الانهيار و ذلك بإزالة الجزء الأسفل من الخام وتترك الأجزاء العلوية للانهيار.

الباب الثامن

وجود المعادن في الطبيعة

Occurrence of Minerals

كيف توجد المعادن في الطبيعة؟ هل توجد بمفردها أم توجد في مجموعات ، وفي هذه الحالة الأخيرة هل هي متماسكة مع بعضها البعض أو سائبة أو ما هو شكل الأجسام الناتجة عن هذه المجموعات والمخاليط الطبيعية.

توجد المعادن في الطبيعة إما في هيئة بلورات مفردة ملتصقة مع بلورات أخرى من نفس المعدن ، أو مع بلورات معدن آخر ، وفي العادة تكون هذه البلورات الملتصقة منتهية بأوجه بلورية من أحد طرفيها. ولكن في معظم الأحيان توجد المعادن منتشرة أو مبعثرة في معادن أخرى ، لتكون في هيئة مخاليط المعادن المعروفة باسم الصخور. وفي هذه الحالة توجد المعادن في هيئة حبيبات أو جسيمات غير منتظمة. ولكن في بعض الأحيان تظهر أوجه بلورية وتكون بلورة المعدن منتهية بأوجه من الطرفين. وقد تمتلئ الشقوق والفواصل والشروخ في القشرة الأرضية بالمواد المعدنية فتظهر المعادن في الطبيعة في هيئة عروق. وتختلف هذه العروق من حيث اتساعها وأنواع معادنها وترتيب هذه المعادن فيها من مكان إلى آخر ، ومن منطقة إلى أخرى. فقد يظل العرق محتفظا باتساعه وتخانته لمسافات طويلة "جانبيا أو رأسيا" ولكن قد يتغير هذا الاتساع من مكان إلى آخر فيبدو كأنه منتفخا في بعض أجزاءه ، ومنكمشا في أجزاء أخرى. وقد توجد المعادن مرتبة في العروق ومصفوفة في هيئة طبقات أو صفوف ، ويعرف العرق في هذه الحالة باسم عرق مصفف ، وفي هذه الحالة تكون المعادن مصفوفة بنظام واحد وأنواع واحدة من جانبي العرق حتى منتصفه ، وفي هذه الحالة يوصف العرق بأنه متماثل التصفيف ، أما إذا كانت المعادن مختلفة من أحد الجوانب إلى الجانب الآخر فيوصف العرق بأنه غير متماثل التصفيف.

وتحتوي العروق على نوعين من المعادن: معادن ذات قيمة اقتصادية (يمكن استغلالها بفائدة) ، ويطلق عليها اسم معادن خامات Ore Minerals ، وهذه المعادن الركازية تكون غالبا عبارة عن معادن الفلزات مثل الجالينا والذهب والكالكوبيريت والبورنيت ، أما المعادن عديمة الأهمية في تكوين العرق ، أو التي ليس لها

فائدة اقتصادية فتعرف باسم معادن أرضية Gangue minerals ، فمثلا عندما يستغل الذهب من أحد عروق الكوارتز الحاملة له يعتبر الكوارتز في هذه الحالة معدن أرضي (لا فائدة منه).

ولما كانت العروق قد تكونت في الطبيعة بصفة أساسية نتيجة لترسيب المعادن من المحاليل فإنه يمكن تقسيم العروق التي تكونت من المحاليل المائية الحارة hydrothermal إلى ثلاثة أنواع تبعا لدرجة حرارة المحلول الذي ترسبت منه:

١ – عروق عالية الحرارة (Hypothermal veins (300–500° ، معادنها ترسبت عند درجات حرارة عالية وضغط عال. تحتوي على معادن كاسيتريت ، ولفراميت ، مولبدنيت ، ذهب.

٢ – عروق متوسطة الحرارة (Mesothermal minerals (200–300° ، ترسب معادنها في ظروف متوسطة من الحرارة والضغط. وتحتوي هذه العروق على معادن بيريت ، كالكوبيريت ، جالينا ، سفاليريت ، كوراتز ، سيديريت.

٣ – عروق منخفضة الحرارة (Epithermal minerals (200–50° ، وتحتوي على معادن سنبار ، ستيبيت ، مركريت ، بيريت ، ذهب ، كوارتز ، كالسيت ، فلوريت .

وقد توجد بعض المعادن في الطبيعة نتيجة لإحلال محاليلها محل معادن أخرى وذلك بإذابة المعادن الأصلية وترسيب المعادن الجديدة محلها في نفس الوقت ، وينتج عن ذلك أن تظهر مثل هذه المعادن الإحلالية أو الرواسب الإحلالية بمظهر المعدن القديم ، أي تأخذ شكله ، وتوجد في الطبيعة في هيئة أشكال كاذبة.

وقد توجد المعادن مالئة لفراغات تشبه الكرات الصغيرة حيث تبطن المعادن سطح الكرة الصخرية من الداخل ، وتعرف هذه الكرات الصغيرة المبطنة بالمعادن (غالبا في هيئة بلورات جيدة الأوجه) باسم geodes of vuges.

أما بالنسبة لمكان وجود المعدن في الطبيعة فقد توجد المعادن في نفس المكان الذي تكونت فيه. وتعرف في هذه الحالة باسم معادن أصلية primary أو معادن محلية أو معادن موضعية in site وهذه المعادن لم تنتقل من كان نشأتها. أما إذا انتقل المعدن من مكانه الأصلي إلى مكان جديد – لم ينشأ فيه – وذلك بفضل الرياح أو الأ،هار .. الخ ، فيعرف باسم معدن ثانوي أو منقول Secondary. وتعرف الرواسب المعدنية الناتجة باسم رواسب ثانوية ، ومن أمثلتها رواسب التجمعات placer deposits ، وبعضها يحتوي على الذهب أو الكاسيتريت أو معادن أخرى ذات قيمة اقتصادية مختلطة بالرمل والحصى. وقد نتجت هذه الرواب عن تجميعها في مواضع معينة بواسطة الأنهار أو السيول التي نقلتها من مصادرها الأصلية بعد أن تفتت – ورسبتها في تجمعات على جانبي الوديان وشواطئ الأنهار أو عند المصبات على شاطئ البحر. فمثلا ، إذا وجد الذهب في عروق الكوارتز (المرو) فيقال إن الذهب يتواجد في مكانه أو موضعه الأصلي ، أما إذا استخلص الذهب من الرمل والحصى المتجمعة في نهر أو بحيرة فيقال إن الذهب يتواجد في تجمعات منقولة.

ويتواجد البلاتين والألماس والكلسيتريت (أكسيد القصدير) في الطبيعة بنفس الصورة أيضا. فإما أن توجد هذه المعادن في عروض (موضعها أصلية) أو في رواسب التجمعات (منقولة).

الصخور: Rocks

تمثل الصخور المظهر الشائع لمجموعات المعادن في الطبيعة. وهناك نوعان من الصخور لا يتكون كل منهما من المعادن ، ولكن يتكون أحدهما من مواد عضوية (ليست معادن) ، وهذه هي الأنواع المختلفة من صخر الفحم Coal ، ويتكون الآخر من الزجاج الطبيعي (مواد غير متبلورة) تجمد نتيجة لتبريد اللافا "الحمم" السريع على سطح الأرض ، ولم تتح أية فرصة لنمو بلورات معدنية من هذه المادة المصهورة. وقد يتكون الصخر من معدن واحد فقط ، ولكن مثل هذه الحالة هي استثناء وليست عامة ، وحتى لو كان الصخر مكونا من معدن واحد فان وجوده بكميات هائلة حيث يكون طبقات مترامية الأطراف أو جبال كبيرة يجعله أقرب إلى الصخور منه إلى المعادن ، إذ لا يمكن أن تتوافر فيه أهم صفات المعدن وهي التجانس في جميع أجزائه. وعادة تتكون الصخور من خمسة إلى عشرة معادن أو أكثر.

والمعادن الأساسية في تكوين الصخور لا تعدو عشرين معدنا فقط هي: معادن الفلسبار والفلسباثويد Felspathoids (تشبه معادن الفلسبار في التركيب الكيماوي ولكن نسبة السليكا فيها أقل) والبيروكسين والامفيبول والميكا والأوليفين والابيدوت والجارنت والكلوريت والتلك والسرنتين والكاولينيت والمعادن الطينية والكوارتز والهيماتيت والماجنتيت والكالسيت والدولوسيت والجبس والأنهيدريت والهاليت.

والصخر بجانب كونه عبارة عن مجموعة من المعادن ، فإنه كذلك لابد أن يكون جزءا أساسيا في تركيب القشرة الأرضية. وفي هذه الحالة يكون الصخر خاصية مميزة تفقره عن صخر آخر وتجعله وحدة قائمة بذاتها. وعلى ذلك يمكن اعتبار الصخر على أنه الوحدة الأساسية في بناء الأرض ، أما المعدن فهو وحدة الصخر. وتختلف الصخور عن بعضها البعض من حيث أنواع المعادن المكونة لها ، وعلاقة هذه المعادن ببعضها البعض في الصخر الواحد. كذلك تختلف من حيث موضع تكوينها في الكرة الأرضية.

وقد يتكون الصخر من مواد سائبة غير متماسكة مثل الرمل والحصى ، وقد يتكون من وحدات متماسكة تماما ، ويكون الصخر في هذه الحالة شديد الصلادة مثل الجرانيت والبازلت ، أي لا تعتبر الصلادة من الخواص الضرورية لتعريف الصخر.

وتكوين الصخور من الأشياء التي نشاهدها يوميا. فالأمطار تكتسح الطين إلى البحيرات والأنهار ، وهذه الأخيرة تنقله بدورها إلى البحر حيث يترسب ويكون الصخور الطينية. أما ميه البحيرات المالحة فعندما تتبخر مياهها تترسب الصخور الكيماوية. والأمواج على شاطئ البحر تكسر في صخور الشاطئ وتحيلها إلى قطع وفتات صغيرة ، ثم ترسبها في النهاية في هيئة رمال. أما البراكين فإنها تقذف بالحمم واللافا التي تتبلور وتتجمد لتعطي الصخور النارية البركانية.

ويمكن تقسيم الصخور حسب نشأتها إلى ثلاثة أقسام رئيسية:

١ – الصخور النارية igneous Rocks : وتشمل جميع المواد الأرضية التي كانت في فترة سابقة مواد مصهورة ، أو بتعبير آخر الصخور التي تجمدت من مواد مصهورة (مجما أو لافا) مثل الجرانيت والبازلت.

٢ – الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks : وتشمل جميع المواد الأرضية التي ترسبت بواسطة عوامل طبيعية مثل المياه والرياح والثلج والنباتات والحيوانات ومن أمثلتها الحجر الرملي والحجر الجيري والطين.

٣ – الصخور المتحولة Metamorphic Ricks : وهي صخور كانت في أول تكونها إما نارية أو راسبة ثم تاثرت بعوامل أدت إلى تعرضها إما لحرارة مرتفعة جدا ، أو لضغط عظيم أو الاثنين معا. فاكتسبت من جراء ذلك معالم جديدة ليست لاي من نوعي الصخر الأصليين. أي أنها تحولت من الحالة الأصلية (نارية أو رسوبية) إلى حالة جديدة (متحولة). ومن أمثلتها الشست والنيس.

النسبة المئوية لتوزيع الصخور الأصلية في القشرة الأرضية كما يلي:

- صخور مجماتية (نارية) ٩٥%
- صخور طينية ٤%
- صخور رملية ٠,٧٠%
- صخور جيرية ٠,٣٠%

١-الصخور النارية:

تتكون الصخور النارية نتيجة لتجمد المجما داخل الأرض أو تجمد اللافا على سطح الأرض.

ويمكن تحقيق الصخور النارية على أساس الخواص التالية:

1	التركيب المعدني.
٢	التركيب الكيميائي.
٣	اللون.
٤	النسيج.
٥	شكل وجودها في الطبيعة.
٦	البناء.

١- التركيب المعدني Mineralogical Composition:

تتبلور بعض المعادن من المجما عندما تبرد وتصل إلى درجة فوق التشبع بالنسبة لهذه المعادن. وتنقسم المعادن الهامة المكونة للصخور النارية إلى قسمين:

١	معادن أساسية .
٢	معادن إضافية.

فالمعادن الأساسية هي التي توجد في الصخور بكميات كبيرة والتي يتوقف عليها خواص الصخر واسمه. وتشمل المعادن الأساسية مايلي: الفلسبارات ، البيروكسينات ، الأمفيبولات ، الميكا ، الفلسباثويدات (مثل لوسيت KAlS2O22 Leucite ، نفلين (NaAlSiO4 Nephelin)، الأوليفين ، الكوارتز .

أما المعادن الإضافية – كما يدل الاسم – فهي التي توجد بكميات صغيرة ، وعلى ذلك لا تؤثر كثيرا في خواص الصخور. وتشمل هذه المعادن الإضافية الماجنتيت ، الألمينيت ، البيريت ، الأباتيت ، الزركون ، الروتيل ، سفين (CaTiSiO4) Sphene.

وتتبلور المعادن المكونة للصخور النارية عادة تبعا لنظام معين. فتتبلور المعادن الإضافية أولا وتأخذ أشكالا بلورية كاملة ، ويتبعها في التبلور المعادن الحديدومغنيسية مثل الأوليفين والبيروكسينات والأمفيبولات ، ويأتي بعد ذلك المعادن الفلسبارات البلاجيوكليزية والبوتاسية (الأرثوكليز) ، ثم الكوارتز .

ويفسر هذا النظام التبلوري تكوين الانواع المختلفة من الصخور من المجما الأصلية الواحدة. فتترسب المعادن الفقيرة في السيليكا (القاعدية) أولا عند درجات الحرارة العالية ، (أعلى من ١٠٠٠°م) وذلك لأنها أقل المعادن ذوبانا ، وتكون صخرا قاعديا. ويبقى بعد رسوب هذه البلورات القاعدية مجما لها تركيب يختلف عن المجما الأصلية ومنها يمكن أن يتكون صخر وسط ، ومن المجما المتخلفة بعد ذها يتكون صخر حمضي (أي يتكون من معادن غنية بالسيليكا إلى جانب وجود الكوارتز) عند درجات حرارة بين ٦٠٠ °، 900°م تقريبا وليس من الضروري بتاتا أن توجد فواصل بين هذه الأنوع الثلاثة ، بل ربما يحدث أن يكون هناك تدرجا كاملا بين نوع وآخر ، نظام التبلور التنوعي (التفارقي) للمجما.

٢- التركيب الكيميائي Chemical Composition:

مما سبق يتبين أن التركيب المعدني للصخر الناري يتوقف بصفة أساسية على التركيب الكيميائي للمجما. فإذا كانت المجما غنية بالسلكيا فإن الصخر الناتج سوف يحتوي على معادن غنية بالسلكيا وكذلك معدن الكوارتز. أما إذا كانت المجما فقيرة في السلكيا فإن الصخر الناتج سوف يحتوي على معادن فقيرة في السلكيا ولا يحتوي على كوارتز بالمرة. نتيجة لهذا اتخذت نسبة ثاني أكسيد السليكون أساسا لتصنيف الصخور كيميائيا إلى:

(أ) صخور حمضية Acid rocks: وهذه تحتوي على نسبة من السلكيا أثر من ٦٥% (من ٦٥% – ٨٠%). أما نسبة الحديد والمغنسيوم بها فقليلة ولذلك فلون هذه الصخور فاتح ، وتحتوي على معادن أرثوكليز أو ميكروكلين بكثرة ، كذلك البلاجيوكليز الصودي والكوارتز ، وكمية قليلة من المعادن الحديدومغنيسية (مثل البيوتيت) . ومن أمثلتها الجرانيت والجرانوديوريت والريوليت والأبليت والفسليت.

(ب) صخور متوسطة Intermediate rocks: نسبة السليكا بها بين ٥٢% و ٦٥% ، ونسبة الحديد والمغنسيوم بها متوسطة. ولونها أغمق من الصخور الحمضية. ومن أمثلتها الديوريت والأنديسيت والسيانيت والتراكيت.

(ج) صخور قاعدية Basic rocks: نسبة السليكا بها أقل من ٥٢% ونسبة الحديد والمغنسيوم بها أعلى من النوعين السابقين ، ولونها أغمق يميل إلى السواد. وهذه الصخور تحتوي على المعادن الحديدومغنيسية بكثرة وكذلك البلاجيوكليزات الكلسية بنسبة متوسطة ، ولكن لا يوجد كوارتز . ومن أمثلتها الجابرو والدوليريت والبازلت.

٣- اللون Color:

مما سبق يتبين لنا أن لون الصخر الناري يختلف تبعا للتركيب الكيميائية والمعدني وعلى ذلك يمكن استعمال هذه الخاصية في التفرقية بين أنواع ثلاثة من الصخور النارية: صخور فاتحة اللون (حمضية) ، وصخور متوسطة اللون (متوسطة) ، وصخور قاتمة اللون (قاعدية ، لا تحتوي على كوارتز بالمرة).

٤ – النسيج Texture:

وكما تختلف الصخور النارية لدرجة كبيرة بالنسبة لتركيبها المعدني والكيميائية فإنها تختلف أيضا بالنسبة إلى حجم البلورات والحبيبات المكونة لها وشكلها وترتيبها ، وتعيين هذه الخواص المختلفة للمعادن المكونة للصخر الناري وعلاقتها ببعضها البعض هو تعيين لخاصية النسيج.

أي أن لفظ النسيج يطلق على الحجم النسبي لبلورات المعادن المكونة للصخر وشكلها وطريقة ترتيبها. ويتوقف النسيج على السرعة التي بردت بها المجما. فالصخور التي تكونت في جوف الأرض بعيدة عن السطح لابد أنها بردت ببطء شديد يسمح بنمو البلورات وكبر حجمها أثناء تجمد المجما ، وينتج عن ذلك أن يتكون للصخر المتبلور في مثل هذه الظروف ، أي في مناطق بعيدة عن السطح ، نسيج خشن ، ويمكن رؤية مكوناته المعدنية وتمييزها بكل سهولة بواسطة العين المجردة – مثل هذه الصخور التي تعرف عادة باسم الصخور الجوفية ، أما إذا ظهرت المجما على سطح الأرض في هيئة حمم فإنها تبرد وتتجمد بسرعة. وتحت هذه الظروف لا تجد البلورات الصغيرة البادئة في التكوين فرصة للنمور. ويحدث أن يتكون صخر دقيق الحبيبات ، ويعرف النسيج بأنه نسيج دقيق الحبيبات ، ويمكن تمييز البلورات في هذه الحالة بواسطة عدسة مكبرة.

أما إذا لم يمكن تعيين البلورات إلا بمساعدة الميكروسكوب فيسمى نسيج الصخر الناري في هذه الحالة باسم نسيج مجهري التبلور ، وهناك بعض الحالا لا يمكن تمييز البلورات فيها حتى بالميكروسكوب العادي ولكن يمكن معرفة أنها متبلورة بواسطة استقطابها للضور (أي تجعل الضوء المار بها يتذبذب في مستوى محدد ، وهذه الخاصية الضوئية تحدث بواسطة المواد المتبلورة – أي ذات البناء الذري المنظم – أما المواد غير

المتبلورة فإنها لا تستقطب الضوء أي لا تحدد مستويات ذبذبته) وذلك باستعمال الميكروسكوب المستقطب ، وفي هذه الحالة يسمى نسيج الصخر الناري نسيج خفي التبلور.

وتتفق جميع هذه الانواع المختلفة السابقة من النسيج في أن جميع بلوراتها متساوية تقريبا في الحجم ، ولذلك يقال أنها متساوية الحبيبات أو منتظمة الحبيبات ولكن هناك صخور يظهر فيها ما يسمى بالنسيج البورفيري وفي هذه الحالة نجد عددا من البلورات الأكبر حجما موزعة في أرضية (قاعدة) مكونة من حبيبات أكثر دقة. وتسمى البلورات الكبيرة في هذه الحالة باسم Phenocrysts. وكثير من الصخور البركانية التي تكونت على السطح لها نسيج زجاجي أي لا توجد بها بلورات بالمرة ، وذلك لبرودة الحم وتجمدها بسرعة لم تسنح لتكوين بلورات بالمرة.

وفي الطفوح البركانية السميكة نلاحظ أن الاجزاء الخارجية (التي تلامس الخواء وسطح الأرض) ذات نسيج زجاجي لأنها بردت بسرعة ، بينما تكون الأجزاء الداخلية دقيقة التبلور أو مجهرية التبلور. وعندما تتمدد الغازات في الطفح البركاني وتهربمنه في النهاية فإنها تترك فراغات في الصخر الناتج تعرف باسم الفقاقيع ، وينتج ما يسمى بالنسيج الفقاعي . وقد تمتلئ هذه الفقاقيع بمعادن ثانوية ترسبت من محاليل مرت بهذه الفقاقيع فيتكون مايسمى بالنسيج الأميجدالي Amygoidaloidal tecture.

٥- شكل وجود الصخور النارية في الطبيعة: Mode of Occurrence

تتصل المجما أو المادة المصهورة إما في جوف الأرض أو على سطحها أو بين هذا وذاك، وينتج في كل من هذه الحالات نوع من الصخور النارية يتميز بصفات خاصة من ناحية درجة التبلور وحجم البلورات الناتجة وشكلها وترتيبها وعلاقتها ببعضها. أي باختصار يتميز بنسيج خاص . ومما سبق ذكره في البند السالف يتبين لنا بوضوح كيف أن النسيج يتفق بوجه عام مع مكان تكوين الصخر الناري وعلى ذلك يمكن تصنيف الصخور النارية (حمضية ومتوسطة وقاعدية) على أساس مكان تكوينها إلى ثلاثة أصناف:

(أ) الصخور الجوفية: Platonic rocks وهي التي تصلبت على أعماق كبيرة في جوف الأرض تحت عوامل من الضغط والحرارة جعلت التبريد بطيئا وبذلك تمكنت المعادن المكونة لها من التبلور تبلورا ظاهرا أي أنها ذات نسيج خشن.

ومن أمثلة هذا النوع صخور الجرانيت والديوريت والجابرو. وتوجد الصخور الجوفية في هيئة كتل ضخمة جدا تبلغ مئات الكيلومترات المربعة في المساحة وتتسع قاعدتها كلما تعمقنا إلى أسفل وتعرف هذه الكتل من الصخور النارية الجوفية باسم باثوليث Batholith وتتكون هذه الكتل في العادة من صخور الجرانيت والأحجام الصغيرة من هذه الكتل الصخرية النارية تعرف باسم بوص Boss أو ستوك Stock وهذه الأخيرة تبلغ مساحتها من ١ إلى ٤٠ كيلو مترا مربعا فقط. ويرجع ظهور هذه الأشكال المختلفة من الصخور الجوفية على سطح الأرض الآن حيث تكون سلاسل الجبال المختلفة إلى عوامل التعرية التي فتت وحللت ثم جرفت

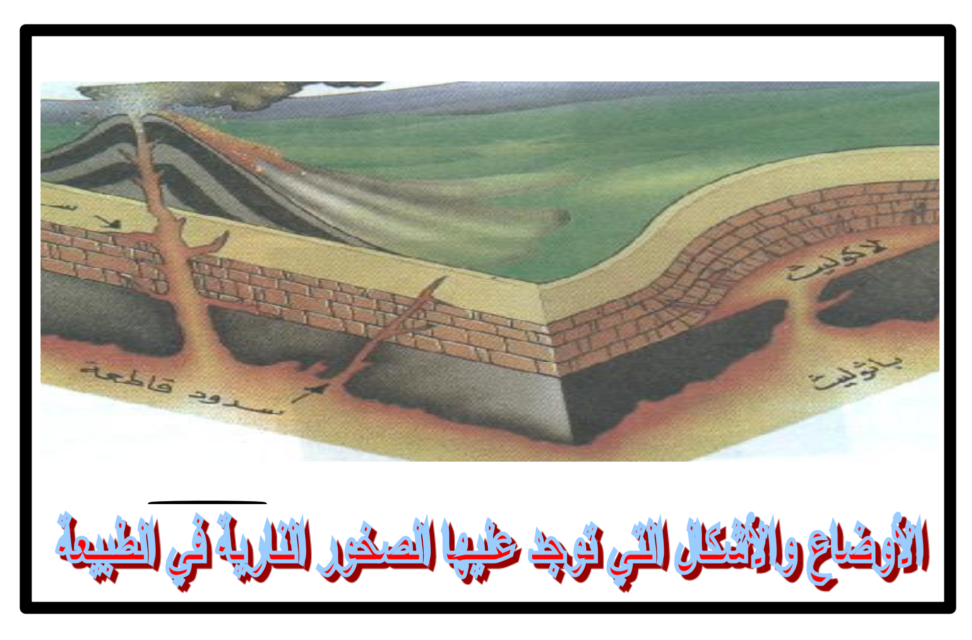
وأزالت طبقات الصخور المختلفة التي كانت تعلوها ، وكذلك العوامل التكتونية (الحركات الأرضية) وكلها أدت إلى ظهور هذه الصخور الجوفية.

(ب) الصخور تحت السطحية: Hypsbyssal rocks وهي التي تدخلت في صخور وبين طبقات القشرة الأرضية وتصلبت قريبا من السمح مما أدى إلى بروتدها بسرعة أكثر من الجوفية (ولكن أقل من البركانية) ولذلك فإن بلوراتها دقيقة أو متوسطة ونسيجها دقيق التبلور.

وقد يكون هناك بعض البلورات التي قد نمت في المجما في جوف الأرض ثم انتقلت من المجما المكونة لهذه الصخور تحت السطحيثة حيث ترسبت كبلورات كبيرة تحيط بها بلورات دقيقة تكونت عندما تجمدت المجما بالقرب من السطح. ويكون لمثل هذه الصخور نسيج بورفيري .

ومن أمثلة الصخور تحت السطحية البورفيريت والفسليت والدوليريت. وتوجد هذه الصخور تحت السطحية في الطبيعة في هيئة سدود موازية ، أو سدود قاطعة ، والأولى :عبارة عن كتل مسطحة من الصخور النارية نتجت من تدخل المجما وتجمدها بين طبقات الصخور المحيطة. أما السدود القاطعة فقد نتجت من تدخل المجما في الشروخ والكسور القاطعة للطبقات حيث تجمدت. وهي في ذلك الوضع تشبه الحائط الضيق نسبيا ذي الوجعين المتوازيين.ويتروراح سمك هذه السدود القاطعة من سنتيمرات قليلة إلى مئات الأمتار ، ولكن الغالبية العظمى لا يزيد سمكها عن ثلاثة أمتار.

وقد تكون الأجسام النارية تحت السطحية في شكل ناقوص ، وتعرف باسم لاكوليث lacolith أو في شكل طبق ،وتعرف باسم لوبوليث Lopolith ، أو في شكل "السرج" وتعرف باسم فاكوليث Phacolith ، ويشتغل اللاكوليت أو اللوبوليث في بعض الأيحان مساحات كبيرة تبلغ مئات الكيلومترات المربعة ، ويتكون في أعماق بعيدة عن السطح.



الأوضاع والأشكال التي توجد عليها الصخور النارية في الطبيعة

(ج) الصخور السطحية أو البركانية: Extrusive or Volcanic rocks

وهي الصخور التي تصلبت على السطح قرب فوهات البراكين ، أو الشقوق ، التي خرجت منها اللافا إلى السطح. وقد بردت اللافا بسرعة فتجمدت بسرعة ايضا لم تسنح للبلورات أن تنمو إلى حجم كبير أو أن تتكون بالمرة ، فتنتج في الحالة الأولى نسيج مجهري التبلور ، أو خفي التبلور. وتنتج في الحالة الثانية نسيج زجاجي (غير متبلور بالمرة).

ومن أمثلة هذه الصخور الريوليوت والأنديسيت والتراكيت والأيسيديان والبازلت. وتظهر هذه الصخور البركانية في هيئة طفوح لافية Lava flows ، وهي كتل من الصخور النارية البركانية منتشرة على مساحات واسعة وسمكها بسيط ولذلك فإنها تشبه الصفائح.

٦- البناء: Structure

تحتوي بعض الصخور النارية على بنيات انسيابية ناتجة عن وجود بعض بلورات المعادن المكونة للصخر موازية لبعضها البعض تقريبا ، ومرتبة في اتجاه واحد ، وينتج هذا البناء من تحرك المجما التي تبلور جزء منها ، أي أن البلورات كانت موجودة في وسط مائل متحرك ثم رتبت نفسها في اتجاه الحركة.

وعند تمدد الغازات في الحمم على سطح الأرض يتكون الصخر البركاني الناتج بناء فقاعي ، وهذه الفقاقيع تأخذ شكلا مستيطلا (بيضاويا) نتيجة لسير اللافا وتحركها أثناء خروج الغازات من الفقاة. وقد تدخل المياه السطحية في هذه الفقاقيع وترسب فيها بعض المعادن وخصوصا معادن الزيوليت Zeolite (سليكات الصوديوم أو البوتاسيوم أو الكالسيوم مع الماء). وهذه المعادن ترسب غالبا في هيئة بلورات شعاعية (أي نصف قطرية من مركز الكرة إلى الخارج) ويعرف هذا البناء بالنباء الأميجدالي. وعندما تتجمد اللافا فقد يكون الصخر البركاني الناتج أملس ومتموجا ، وقد يكون في شكل الحبال. وقد تتجمد الافافي في هيئة وسادات تتراكم فوق بعضها ، ويحدث هذا غالبا في الطفوح البركانية تحت سطح البحر. وقد توجد الصخور البركانية في هيئة قطع مكسرة ذات أحجام مختلفة وذلك نتيجة لتراكم المواد المختلفة التي يقذفها البركان في الهواء وهي مواد كانت مصخورة ثم بردت بسرعة فجمدت وتكسرت إلى قطع ذات أحجام مختلفة ، وتتراوح بين التراب البركاني الناعم جدا إلى الكتل الكروية أو البيضاوية الشكل والكبيرة الحجم والتي تعرف باسم القنابل Volcanic bombs.

تصنيف الصخور النارية :

توجد أنواع كثيرة من طرق تصنيف الصخور النارية ، ولكن الصنيف ذي الفائدة العملية بالنسبة للطالب المبتدئ هو الذي يعتمد على التركيب المعدني للصخر. ويتوقف القسم الذي يتبعه الصخر على الخواص الثلاثة التالية:

١-كمية السليكا الموجودة بالصخر: أكثر من ٦٥% أو أقل من ٥٢% أو بين هذا وذاك. والذي يدل على وجود السليكا بنسبة عالية وجود معدن الكوارتز. أما إذا لم يوجد الكوارتز فهذا يدل على انخفاض نسبة السليكا في الصخور.

٢ – نوع معدن الفلسبار الموجود في الصخر وكمية كل نوع على حدة: وتشمل معادن الفلسبار الأنواع البوتاسية (أرثوكليز ، ميكروكلين) والأنواع البلاجيوكيزية (الصودية مثل الألبيت والأوليجوكليز ، والكالسية مثل لابرادوريت وأنورثيت).

٣ – نوع النسيج المكون للصخر: أي حجم الحبيبات المختلفة. **هل الصخر خشن الحبيبات "جوفي" ، أو دقيق الحبيبات أو زجاجي "بركاني"؟**

وواضح أنه في كل حالة كون الصخر دقيق الحبيبات يصعب أو يستحيل تحقيق المعادن المكونة له وبالأخص الكوارتز أو الفلسبارات ، كما أن تعيين نوع وكمية الفلسبارات بدقة يكاد يكون من المستحيل أيضا إجراؤه في الحقل أو بدراسة العينة بالعين المجردة. مثل هذه الدراسات الكمية الدقيقة نقوم بها في المعمل وذلك باختبار ودراسة الشرائح الرقيقة من الصخر بواسطة الميكروسكوب المستقطب. ولكن يجب ألا يفهم من هذا أن التصنيف المبسط للصخور بقصد التعرف عليها بطريقة عملية سريعة في المعمل أو في الحقل لا لزوم له. والجدول التالي " يمثل أقسام الصخور النارية الشائعة ، على اساس التركيب المعدني والنسيجي:

نسبة المعادن المافية(اللون)		فاتح اللون (<٣٠%)	متوسطة اللون (٣٠-٦٠%)	قاتمة اللون (٦٠-٩٠%)	فوق قاتمة اللون(>٩٠%)
نسبة السلكا		حامضية(>٦٦%)	متوسطة (٥٢-٦٦%)	مافية (٤٢-٥٢%)	فوق مافية (<٤٢%)
مكان التكوين و درجة التحبب	صخور بركانية (دقيقة التحبب)	ريوليت	انديزيت	بازلت	
	صخور جوفية (خشنة التحبب)	جرانيت	ديوريت	جابرو	بريدوتيت، دونيت

وصف بعض أنواع الصخور النارية الشائعة:

الجرانيت والجرانوديريت :

الجرانيت صخر فاتح اللون حبيباته خشنة منتظمة ، ويتكون أساسا من معدني الكوارتز والفلسبار [يوجد النوعين الأرثوكليز "أو الميكروكين" ، والأوليجوكليز غالبا] ويمكن تمييز هذه المعادن بسهولة فالفلسبار البوتاسي لونه وردي أو أحمر خفيف ، أما الأوليجوكليز فلونه أبيض به خطوط رفيعة ومتوازية ناتجة عن وجود التوائم عديدة التركيب ، أما الكوارتز فيمكن تمييزه بأنه لا يوجد به أي انفصام وله بريق زجاجي ،

ويحتوي الجرانيت بالإضافة إلى هذه المعادن على كمية بسيطة [حوالي ١٠%] من الميكا أو الهورنبلند . أما الميكا فتكون ممثلة بمعدن البيوتيت ولو أنه قد يوجد بعض الميكوفيت. أما المعادن الإضافية القلية فتشمل معدن الزركون وسفين والأباتيت والماجنتيت. وهذه المعادن بطبيعة الحال يصعب أو يستحيل رؤيتها وتمييزها بالعين المجردة ، ولكن يمكن تمييزها في المقطع الرقيق بواسطة الميكروسكوب المستقطب. ويتدرج هذا الصخر إلى صخر آخر يعرف باسم صخر جرانوديوريت يحتوي على غالبية من البلاجيوكليز بدلا من غالبية الأرثوكليز في الجرانيت. أي أن الجرانوديوريت يتكون من البلاجيوكليز والكوارتز وقليل (٥%) من الأرثوكليز. ونلاحظ غالبا إزدياد نسبة المعادن القائمة (الحديدومغنسية) كلما ازدادت نسبة البلاجيوكليز ، وينتج عن ذلك أن صخر الجرانوديوريت أغمق لونا من الجرانيت ، ولكن مثل هذه الفوارق يصعب عادة تمييزها بين الصخرين في الحقل أو في العينة. وهذه الصخور كثيرة الإنتشار في الصحراء الشرقية المصرية وشبه جزيرة سيناء ومنطقة أسوان.





السيانيت Synite:

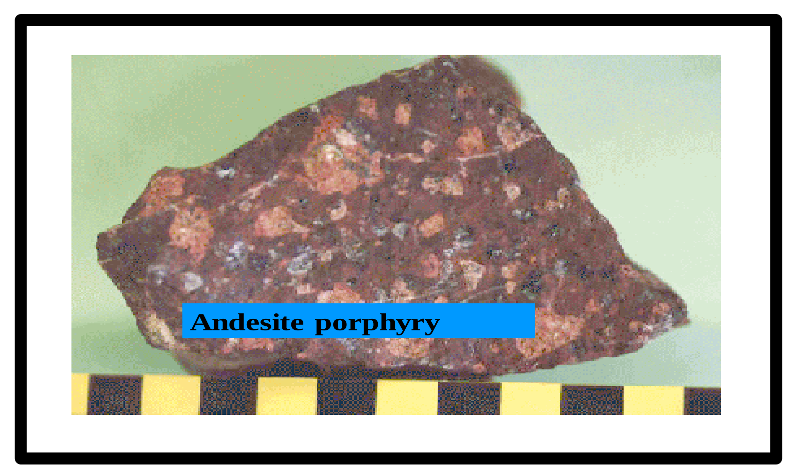
السيانيت صخر له نسيج حبيبي منتظم ولونه فاتح ويتكون بصفة اساسية معادن الفلسبارات البوتاسية والأوليجوكليز وكميات قليلة جدا من الهورنبلند والبيوتيت والبيروكسين. وهو في هذه الحالة يشبه الجرانيت إلا أن نسبة الكوارتز أصبح قليلة جدا حيث لا تعدو ٥% ، وأصبح وجوده غير أساسي في تركيب الصخر. أما إذا زادت نسبة الأوليجكوكليز عن الفسبار البوتاسي فيصبح اسم الصخر مونزونيت Monzonite. وقد يوجد معدن النيفلين Nephline في صخر السيانيت بنسبة ٥% وفي هذه الحالة يعرف الصخر باسم سيانيت نيفيلني. والنيفلين ($NaAlSiO_4$) معدن ذو بريق صمغي (أو شحمي) ويشبه الكوارتز ولكنه يمتيز عنه بصلادته الأقل (من ٥,٥ – ٦). وتحتوي بعض صخور السيانيت على معدن كورانم (Al_2O_8).

الديوريت Diorite:

الديوريت صخر له نسيج حبيبي منتظم ولون يميل إلى الداكن ويتميز بوجود البلاجيوكليز (أوليجوكليز أو انديسيين) ، أما الكوارتز والأرثوكليز فلا يوجدان. أما البيوتيت فقد يوجد بكمية قليلة ، والبيروكسينات نادرة الوجود في هذا الصخر. أما المعادن الإضافية فتشمل الألمينيت والأباتيت ويغلب على الصخر – كما قلنا – اللون الداكن نظرا لوجود المعادن الداكنة (الحديدومنغنسية) بكميات غير قليلة. وهذا الصخر كثير الانتشار في الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء ، حيث يكون كثيرا من الجبال القائمة في هذه المنطقة.



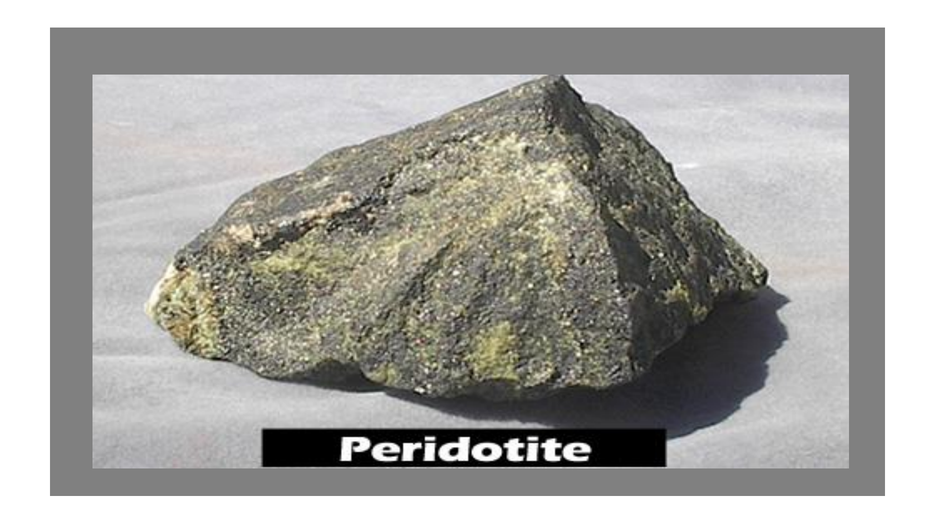




الجابرو Gabbro:

الجابرو صخر حبيبي منتظم مكون معظمه من المعادن الحديدومغنيسية السوداء اللون. وتشمل هذه المعادن اتلبيروكسين والأوليفين بصفة رئيسية وقد يوجد الهورنبلند. فإذا كان كل الصخر تقريبا مكونا من معدن البيركسين سمي بيروكسينيت Pyroxenite. أما إذا كان مكونا من الأوليفين سمي دونيت Dunite أما إذا كان مكونا من الهورنبلند سمي هورنبلنديت Hornblendite. وتحتوي صخور البيريدوتيت عادة على معادن المجنتيت والكروميت والإلمنيت والجارنت. كما أن بعض الانواع تحتوي على البلاتين "في معدن الكرومتي" والألماسزومعدن الأوليفين سهل التحلل بالعوامل الكيميائية ، وينتج عن التحل معدن السربنتين Serpentine [سليكات المغنسيوم المائية]. فإذا كان كل صخر البيريدويت متحللا فإن الصخر الناتج يعرف باسم صخر السربنتين وهذا الصخر منتشر بين صخور الصحراء الشرقية المصرية.

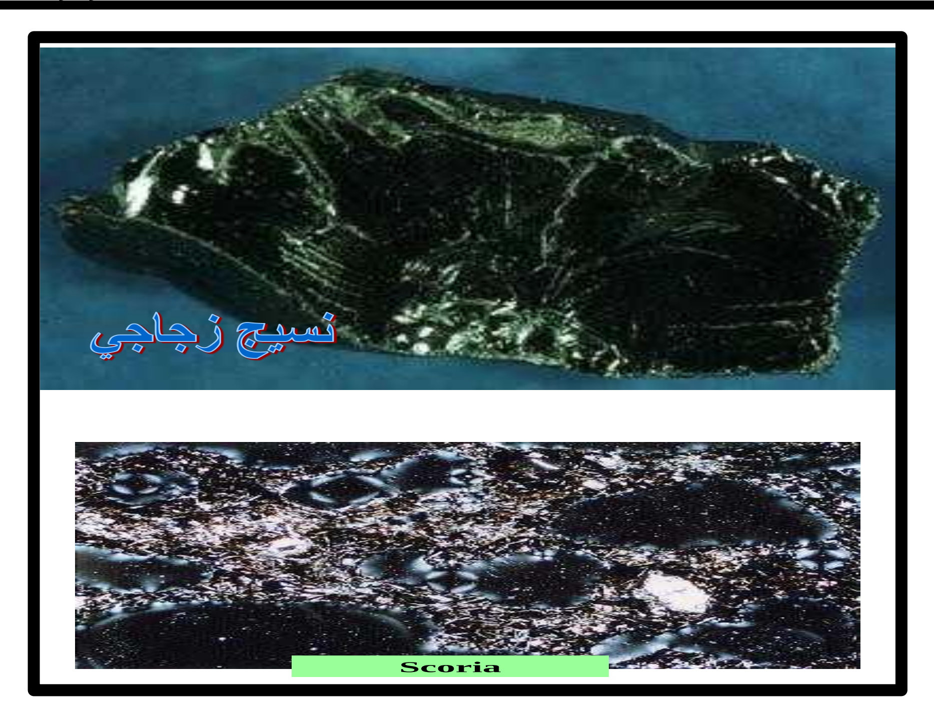




الصخور البركانية: Volcanic rocks

وتشمل الريولويت Rhyolite (يقابل الجرانيت ولونه فاتح) ، البازلت (يقابل الجابرو ولونه أسود) وكثير غيرها. ونظرا لأن هذه الصخور لها نسيج دقيق أو زجاجي لذلك فإنه يصعب أو يستحيل التمييز بين معادنها المختلفة في العينة ، ويتميز البيوميس Pumice أو الحجر الجاف بكثرة الفقاقيع العوائية فيه مما يجعله يطفو على سطح الماء. أما صخور الأبسيديان Obsidian والبشتون Pichetone فهي صخور زجاجية متماسكة عديمة المسام.





المعادن المكونة للصخور النارية:

إن المعادن التي توجد في الصخور النارية كثيرة ، ولكن المعادن المكونة للصخور النارية بصفة أساسية قليلة نسبيا ويمكن حصرها في قسمين:

١ – معادن أساسية مكونة للصخور النارية.

٢ – معادن إضافية.

والبيان التالي يمثل المعادن الشائعة التابعة لهذين القسمين:

١ـ معادن أساسية شائعة فى تكوين الصخور النارية:

١ـ كوارتز (ثاني أكسيد السليكون).
٢ـ معادن الفلسبار:
• أرثوكليز (سليكات ألومنيوم وبوتاسيوم KAlSi8O8)
• ميكروكلين (سليكات ألومنيوم وبوتاسيوم KAlSi8O8)
• بلاجيوكليز (سليكات ألومنيوم وصوديوم وكالسيوم)
٣ـ معادن الفسلباثويد:
• نيفلين (سليكات ألومنيوم وصوديوم NaSISiO4)
• لوسيت (سليكات ألومنيوم وبوتاسيوم KAlSi8O8)
٤ـ معادن الميكا:
• مسكوفيت (سليكات ألومنيوم وبوتاسيوم مع شق الهيدروكسيد).
• بيوتيت (سليكات ألومنيوم وبوتاسيوم وحديد ومغنسيوم مع شق الهيدروكسيد).
٥ـمعادن الأمفيبول: • هورنبلند (سلكات ألومنيوم وكالسيوم وحديد ومغنسيوم مع شق الهيدروكسيد).

٦ـ معادن البيروكسين:
• أوجيت (سليكات ألومنيوم وكالسيوم وحديد ومغنسيوم).
• هيبرثين (سليكات حديد ومغنسيوم).
٧ـ أوليفين (سليكات حديد ومغنسيوم).

ـ معادن إضافية شائعة في تكوين الصخور النارية:

- زركون (سليكات الزكونيوم والكالسيوم).
- سفين (سليكات التيتانيوم).
- مجانتيت (أكسيد الحديد المغناطيسي).
- إلمينيت (أكسيد التيتانيوم والحديد).
- هيماتيت (أكسيد الحديديك).
- أباتيت (فوسفات وكلوريد الكالسيوم).
- بيريت (كبيرتيد الحديد).
- روتيل (أكسيد التيتانيوم).
- كوراندوم (أكسيد الألومنيوم).
- جارنت (سليكات الألومنيوم والحديد).



ثـانـي أكسيد السيليكـون SiO_2 يتبلـور في فصيلة الثلاثـي أو السـداسي على حسب درجـة الحـرارة


سيليكات الألومنيوم والبوتاسيوم
أرثوكليز
ميكروكلين
Biotite
Muscovite
Hornblende
الأوجيت
الجابرو



صخور البجماتيت: Pegmatites

هذه الصخور لها نسيج خشن جدا مكون من بلورات كبيرة. وترتبط هذه الصخور بالصخور الجوفية النارية من ناحية الأصل إذ يعتقد أن البجماتيت يتكون من المحاليل المتبقية بعد تبلور المجما وتكوين الصخور النارية الجوفية ، أي أنها تمثل المرحلة المتوسطة بين الصخور النارية الجوفية من ناحية والمحاليل المائية الحارة من ناحية أخرى.

وتوجد البجماتيت في هيئة عروق أو سدود قاطعة للصخور النارية الجوفية أو ممتدة من هذه الصخور النارية إلى الصخور المحيطة بها.

والجرانيت يعتبر أكثر الصخور النارية اتصالا بالبجماتيت (أي أن الاثنين من أصل واحد). ولذلك يعرف البجماتيت باسم بجماتيت جرانيتي ،والمعادن المكونة لصخور البجماتيت تشبه إذن معادن الجرانيت أي تتكون من الكوراتز والفلسبار والميكا بصفة أساسية. ولكن مع وجود فارق واحد وهو أن هذه البلورات توجد في البجماتيت في أحجام كبيرة كدا. ففي بعض الحالات بلغ طول بعض البلورات عدة عشرات السنتيمترات (بدلا من عدة ملليمترات) ، ويكثر نوع الميكروكليين في هذه الصخور (بالنسبة إلى نوع الأرثوكليز الذي يوجد في الجرانتيت.

وأهمية دراسة البجماتيت تنحصر في أن بعض الأنواع تحتوي على معادن ذات قيمة اقتصادية (مثل معادن الليثيوم وأحيانا معادن القصدير والتنجستن) أو بلورات معادن تستعمل أحجار كريمة مثل الزمرد ، وهو نوع من أنواع البيريل $Be_8Al_2Si_6O_{18}$ ، كذلك فهي مصدر لكثير من البلورات المعدنية الكاملة التي نجد مكانها للعرض في كثير من متاحف المعادن في العالم.

الصخور الرسوبية:

تعتبر الصخور الرسوبية ذات أصل ثانوي ، أي المواد المكونة لها آتية من صخور سابقة تفتت وتحللت بفعل العوامل الجوية المختلفة ، وتترسب هذه المواد المفتتة في أماكن تجمعها بواسطة المياه الجارية (الأنهار مثلا) أو الثلاجات أو الرياح.

وتقوم عوامل التجوية Weathering بعملية تحلل المعادن المختلفة (التحلل الكيميائي: الأكسدة – التموه – الكربنة – الإذابة) ، وكذلك بتفتيت المعادن (التفتيت الفيزيائية: التمدد والإنكماش بالحرارة والبرودة) ، وينتج من المعادن التي تقاوم التحلل والتفتيت (إلى حد ما) مثل الكوارتز والزركون والجارنت والماجنتيت.

أين تتكون الصخور الرسوبية:

إن المسرح الكبير الذي تتم فيه عملية الترسيب من البحر. فأحواض البحار والمحيطات ، مبتدئة من الشواطئ الضحلة للقارات حتى أعمق الأعماق ، هي مآل ونهاية الشوط لإنتقال المواد المفتتة والمتآكلة من الصخور بواسطة الأنهار في معظم الحالات. وتترسب معظم الرواسب التي يبلغ وزنها ملايين الأطنان سنويا في المياه الضحلة ، قريبا من الأرض، وفي مدى ٢٠٠ – ٣٠٠ كيلومترا من الشاطئ ، أما بعيدا عن ذلك ، وعلى قاع البحار والمحيطات فتتراكم الرواسب الدقيقة لأصداف حيوانات مجهرية ، وكذلك الرماد البركاني الدقيق الذي تطوف به الرياح والتيارات الهوائية حول الأرض وينتهي به المطاف ليسقط على سطح البحار والمحيطات ، ثم يهبط إلى القاع. وهناك رواسب تنتج من تآكل وتفتيت الشواطئ بفعل الأمواج وهذه ترسب أيضا على شاطئ البحر في هيئة الحصى والرمال.

أما البحيرات الداخلية فإنها تتلقى رواسب من الأنهار التي تصب فيها وكذلك من الرياح. وهناك في بعض البحيرات تترسب رواسب من الملح أو الجبس أو النطرون (كربونات الصوديوم المائية) نتيجة لبخر مياه البحيرة.

وهناك على سهول الفيضانات وشواطئ الأنهار تترسب كميات ضخمة من الرواسب النهرية. أما في البحيرات الضحلة ، والمستنقعات في المناطق الإستوائية الرطبة ، فتتراكم المواد النباتية لتتحول فيما بعد إلى صخور الفحم.

وهناك رواسب أخرى تترسب مباشرة على الأرض. فعند حواف الهضاب والجبال تتراكم أكوام من المواد الصخرية المهشمة. وفي الصحاري تتراكم أكوام ذات أشكال مختلفة من الرمال والأتربة التي تذروها الرياح ، وتنقلها من مكان إلى آخر. والتي تعرف باسم الكثبان الرملية. وفي بعض البلاد تنفجر ينابيع من باطن الأرض محملة بالمواد المعدنية الذئبة ، لا تلبث أن تترسب حول الينبوع بعد بخر المياه مكونة رواسب معدنية مختلفة ، قد تكون جيرية أو سليكية.

خواص الصخور الرسوبية:

تتميز الصخور الرسوبية بصفة عامة بالخواص الآتية:

١- وجودها في هيئة طبقات ، وتتميز هذه الطبقات عن بعضها البعض باللون والسمك والنسيج ، وقد تكون الطبقات أفقية أو مائلة أومجعدة.

٢- احتوائها على الحفريات ، وقد تكون هذه كبيرة أو مجهرية.

٣- احتواء على بعض المواد المعدنية الخاصة كالبترول والفوسفات والفحم.

٤- احتواء بعضها على مسام ، ولهذه المسام أهمية كبرة في توزيع البترول والمياه الأرضية ، والمحاليل المشبعة بالمواد المعدنية ، وكذلك في تخزين الغازات الطبيعية التي توجد تحت سطح الأرض.

تراكيب الصخور الرسوبية:

١- التطبق: ميل مكونات الصخور ان تأخذ وضع افقي في شكل طبقات.

٢- التطبق المتدرج: الحبيبات الكبيرة تكون لأسفل ثم تعلوها الاصغر حجما.

٣- التطبق المتقاطع: تقاطع مستويات التطبق مع مستوى الترسيب(مع اتجاه التيار).

٤- التصفح: وجود الصخر على شكل رقائق متوازية بسماكة تقل عن ٢ مم.

٥- علامات النيم: تموجات على سطح الرسوبيات نتيجة تعرضها للرياح او الماء.

٦- شقوق الطين: عند تعرض الرسوبيات الطينية لفترة جفاف بعد فترة بلل.

التركيب المعدني للصخور الرسوبية:

تختلف الصخور الرسوبية في تركيبها المعدني اختلافا كبيرا ، فبعضها يتركب من المواد الكربونية مثل الفحم ، وبعضها يتركب من كربونات الكالسيوم _كالسيت) مثل الصخر الجيري. وبعضها يتركب من مواد سليكية (كوارتز) مثل الصخور الرملية (الأرثوكوارتزيت) ، وبعضها يتركب من معادن مركبات السليكات المائية للألومنيوم (مثل الكاولين) كالصخور الطيفية.

ويلاحظ وجود المعادن الآتية في كثير من الصخور الرسوبية على النحو الآتي:

١- الكوارتز: يكثر وجوده على الأخص في الرمل والصخور الرملية.

٢- الكالسيت: يكثير وجوده في الصخور الجيرية كالحجر الجيري والطباشير.

٣- معادن أكاسيد الحديد: يكثر الهيماتيت في الرواسب الحديدية الرملية مثل رواسب الحديد بأسوان ، أما الماجنتيت فيوجد في رواسب الرومال السوداء المنتشرة على شواطئ الدلتا.

٤- الجبس: ويكثر وجوده في رواسب البحيرات.

٥- الهاليت: ويكثر وجوده في رواسب البحيرات المالحة.

٦- الطرونا Tronas (كربونات وبيكربونات الصوديوم المائية) ويكثر وجودها في رواسب الطرانات كما هو الحال في وادي النطرون.

كما توجد معادن الفلسبار والميكا والهورنبلند والتورمالين وغيرها من المعادن المختلفة – ولكن بكميات ضئيلة – في بعض الصخور الرسوبية.

تصنيف الصخور الرسوبية:

تصنيف الصخور الرسوبية تبعا لطريقة نشأها إلى أقسام ثلاثة كمايلي:

١- رواسب ميكانيكية Mechanical sediments: وهذه صخور مكونة من قطع مفتتة من صخور سابقة نقلت وترسبت دون أن يحدث لها تحلل كيميائية ، وكل ما حدث هو تفتت الحبيبات والقطع وترسيبها بواسطة الرياح أو الأنهار أو تكوينها على سفوح الجبال وفي الوديان نتيجة لسقوطها بفعل الجاذبية من قمم الجبال. ومن أمثلة هذه الصخور الكونجلوميرات والرمل والطين.

٢- رواسب كميائية Chemical sediments: وهذه صخور تكونت نتيجة مواد تخلفت بعد بخر المحاليل التي تذيبها وتحويها. ويغلب هذا النوع من الرواسب في المناطق الصحراوية الحارة حيث تتعرض مياه البحيرات إلى درجة كبيرة من البخر ، لا يعوض بخار الماء المفقود ما ينزل إليها أحيانا من مياه الأمطار القليلة. وتشمل هذه الرواسب الملح والجبس وبعض أنواع الحجر الجيري.

٣-رواسب عضوية Organic sediments: وهي نتيجة تراكم مواد خلفتها الحيوانات أو النباتات. ومعروف أن أغلب النباتات والحيوانات مكون من مواد صبة وأخرى رخوة ، فإذا ماتت هذه الأحياء تعرضت الأجزاء الرخة للتحلل والفناء بينما تبقى المواد الصلبة إذا تراكمت تحت عوامل مناسبة كرواسب قد تتحول فيما بعد إلى صخور. وتشمل هذه الأنواع معظم الصخور الجيرية والطباشير (تتكون من أصداف ومحارات الحيونات المختلفة) والفوسفات والفحم.

أولا – الصخور الرسوبية الميكانيكية :

الكونجلوميرات Conglomerate: صخور مكونة من الصحى أو الزلط والرمل ممسك بعضها ببعض ، والقطع الكبيرة منها (الحصى والزلط) مستديرة نظرا لنقلها بواسطة الأنهار والمياه الجارية وقد تتكون من قطع من الكوارتز أو قطع صخرية (تشمل أكثر من معدن) وذلك يتوقف على المصدر الأصلي لهذه

الكونجلوميرات.ويتدرج حجم القطع الصخرية المكونة للكونجلوميرات من حجم كبير (١٠ سم في القطر) إلى حجم صغير (يثرب من ٢ ملليمتر في القطر) وفي هذه الحالة الأخيرة يتدرج الكونجلوميرات إلى الرمل الخشن.



الرمل والصخر الرملي Sands and Sandstones: يطلق لفظ رمل على كل صخر مفكك أو غير متماسك يختلف فطر حبيباته من ٣ ملليمتر إلى ١٦/١ مم ، شكل (١٨٢ – ج) ، ويصنف عادة إلى رمل خشن ورمل متوسط ورمل دقيق:

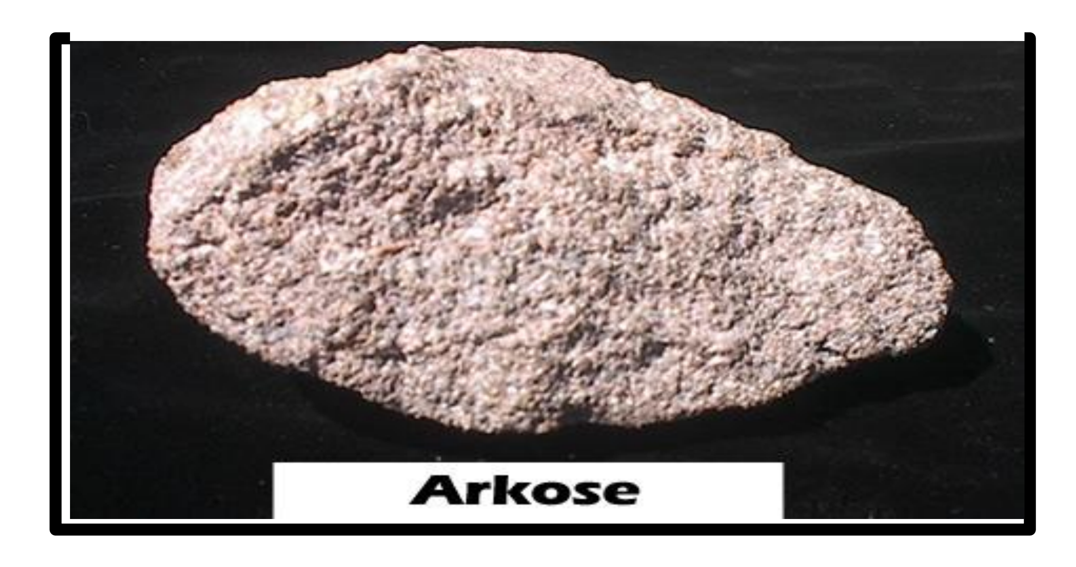
• الحصى والزلط: قطر الحبيبات أكبر من ٢٢ مم.
• الرمل: خشن جدا: ٢ مم – ١ مم.
• الرمل: خشن: ١ مم – ٢/١ مم.
• الرمل: متوسط: ٢/١ مم – ٤/١ مم.
• الرمل: ناعم: ٤/١ مم – ٨/١ مم.
• الرمل: ناعم جدا: ٨/١ مم – ٣٦/١ مم.
• الطين: غرين: ١٦/٢ مم – ٢٥٦/١ مم.
• الطين: صلصال: أقل من ٢٥٦/٢ مم.

فإذا تماسكت حبيبات الرمل كونت ما يسمى الصخر الرملي Sandstones. والمادة التي تسبب تماسك الحبيات مع بعضها البعض قد تكون سليكات ، أو كربونات (كالسيت) أو أكسيد حديد (هيماتيت أو جرنيت) أو مواد معدنية طينية دقيقة. ويتوقف لون الصخر الرملي إلى درجة كبيرة على لون هذه المادة اللاحمة (أو الماسكة) فإذا كانت سليكا أو كالسيت كان لون الصخر فاتحا: أبيض أو أصفر خفيف أو رمادي ، أما التي تحتوي على أكاسيد الحديد فيكون لنها أحمر أو بني يميل إلى الإحمرار. ويلاحظ أنه عندما يكسر الصخر

الرملي فإن الكسر يحدث في المادة اللاحمة وتبقى الحبيبات بدون كسر ، ويكون ملمس السطح المكسور حديثا حبيبي.



وأهم المعادن المكونة للصخر الرملي (الأرثوكوارتزيت) هو الكوارتز. فإذا احتوى الصخر على كمية كبيرة من الفلسبار فإنه يعرف باسم أركوز Arkose. وإذا كثر معدن الماجنتيت في الرمل أعطاه لونا أوسد ، ويسمى لذلك رملا أسود Black Sand. ويوجد غالبا في هذه الرمال السوداء بعض المعادن التي تحتوي على العناصر المشعة مثل اليورانيوم والثوريوم بجانب بعض العناصر وأملاحها. ومن أمثلة هذه الرمال: الرمل



الأسود الذي يحمله النيل إلى البحر المتوسط فيرسب على الشواطئ بالقرب من رشيد ودمياط والعريش. وتستغل الرمال السوداء عن رشيد اقتصاديا الآن حيث يستخرج منها معدن المونازيت (فوسفات السيريوم أساسيا ويوجد به نسبة بسيطة من الثوريوم) والزركون والماجنتيت والألمينيت والجارنت.

توجد الرمال في جمهورية مصر العربية موزعة في مساحات كبيرة جدا بجميع الصحاري المصرية . وخصوصا الصحراء الغربية والجزء الشمالي من الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء. وهي إما أن تعطي سهولا ممتدة ومجعدة السطح من جراء تأثير الرياح فيها. وإما أن توجد في هيئة كثبان رملية (أكوام رملية). وهذه ترى قرب الشواطئ المصرية وفي أواسط الصحاري. كذلك توجد الرمال عند أقدام الجبال حيث ألقت بها الرياح التي تحملها.

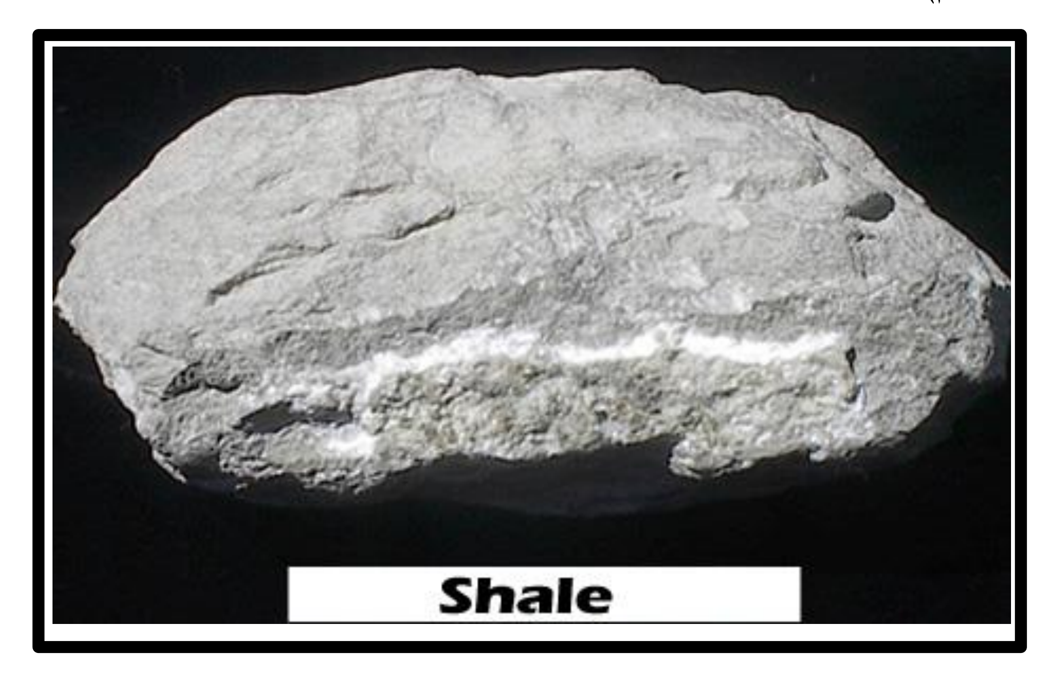
الصخور الطينية Argillaceous rocks: يطلق لفظ غرين Silt أو صلصال Clay على كل صخر سائب مكون من حبيبات متوسط قطرها أقل من ١/١٦ من المليمتر ، وهذه الحبيبات الدقيقة هي في العادة عبارة عن فتات الصخور والمعادن المختلفة.



ولكن كثيرا منها عبارة عن معادن طينية Clay Minerals (سليكات الألومنيوم المائية). والمعادن الشائعة في الصخور الطينية ، بجانب المعادن الطينية هي الكوارتز والميكا الفلسبار. كذلك توجد بالمواد الطينية غالبا بقايا نباتات متحللة أو متفحمة ومواد جيرية. أما اللون الأسود الذي يغلب في كثير من الصخور الطينية فيرجع إما إلى إنتشار مواد عضوية متحللة (الدبال) أو إلى وجود ذرات نباتية متفحمة أو ذرات من كبريتيد الحديد (البيريت) ، وهناك أنواع من الطين يسودها اللون الأحمر أو الأصفر أو الأخضر لوجود مواد ملونة بها مثل أكاسيد الحديد أو المنجنيز أو سليكات الحديد.

وقد ترتفع نسبة كربونات الكالسيوم في الطين فيسمى طين جيري أو مارل Marl. ويحتوي الطين في العادة على نسبة صغيرة من الماء لا تتجاوز ١٥% ، فإذا فقد معظم هذا الماء فإنه يتصلب إلى كتل صخيرة تسمى الصخر الطيني ، أما إذا تصلب في هيئة طبقات رقيقة أو صفائح لانضغاط الطين قبل أن يتم جفافه بواسطة ترسب طبقات صخرية أخرى فوقه فإنه يسمى صخر طيني صفحي أو طفل shale ، وفي العادة يكتسب هذا الصخر خاصية التشقق الصخري وهذه الخاصية تنتج عن وجود معادن الميكا مرتبة في مستويات متوازية حيث ينفصل الصخر الطيني الصفحي أو الطفل إلى صفائح. وتحتوي بعض أنواع الطفل على كميات من زيت البترول تصل في بعض الأحيان إلي ٣٠ أو ٤٠ جالون في كل طن من الصخر. وتعرف الطفة في هذه الحالة

باسم طفلة زيتية . ويحصل على الزيت من هذا الصخر بواسطة التقطير عند درجات حرارة منخفضة (حوالي ٤٠٠°م).



وهناك نوعان آخران من الصخور الميكانيكية هما:

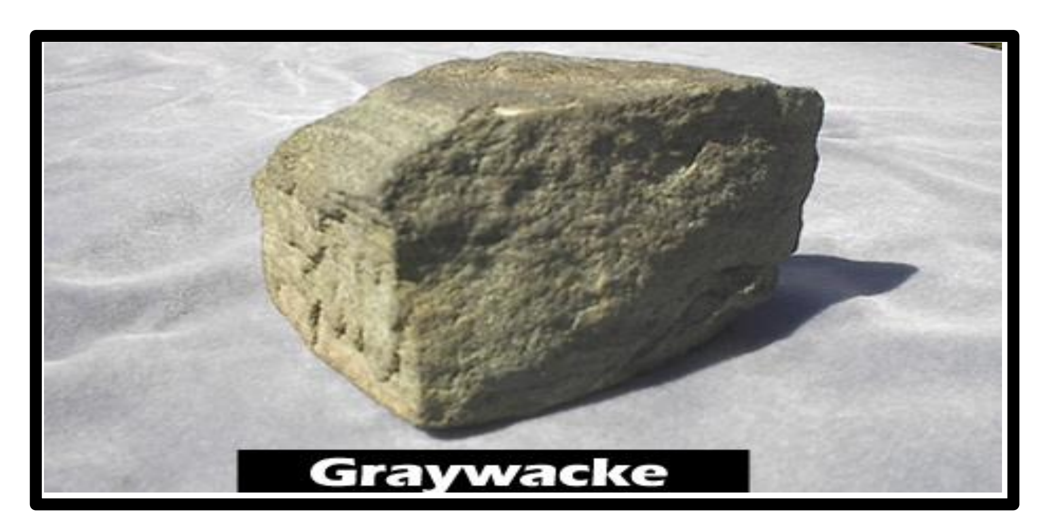
البريشيا **Breccia** ، الجريواكي **Greywacke**.

البريشيا: تشبه الكونجلوميرات من ناحية حجم الحبيبات ، أي أنها أكبر من ٢ ملييمترا ، ولكنها تختلف عن الكونجلوميرات في أن الحبيبات والقطع الصخرية المكونة لها مهشمة وذات زوايا حادة (بدلا من القطع السمتديرة) ومتماسكة مع بعضها البعض ، في الغالب بواسطة موادة معدنية ترسبت من المحاليل وسببت الالتحام. وتوجد البريشيا غالبا في الصخور الجيرية التي تصدعت وتكسرت ، فتظهر البريشيا في مستوى الصدع نتيجة لتكسير الصخور وتهمشيمها أثناء انتقال كتل الصخور على جانبي الصدع.





أمـا الجريـواكي: فيشـبه الصـخر الرملـي ولونـه رصاصـي أو أخضـر داكـن ، ويتكـون مـن معـادن الكـوارتز والفلسبار وكمية كبيرة من المعادن السوداء (أهمها معدن كلوريت وهو معدن أخضر يشبه الميكا في انفصامه ، وتركيبه سليكات مائية للألومنيوم والحديد والمغنسيوم) والحبيبات بصفة عامة حادة الزوايا (ولذلك يسمى في بعض الأحيان بريشيا دقيقة).



ثانيا – الصخور الرسوبية الكيميائية:

تتكون هذه الرواسب نتيجة لبخر المحاليل الملحية وتراكم المواد المعدنية من المحاليل. والمعدن الذي يترسب أولا هو المعدن الأقل ذوبانا ، أما المعدن الأكثر ذوبانات فيترسب في النهاية. ومن أهم أمثلة الصخور الرسوبية الكيميائية الجبس والملح والأنهيدريت.

الجبس Gypsum: وهو أول معدن يترسب بكميات كبيرة عند بخر مياه البحار ، وتحت ظروف مواتية تتكون طبقات سميكة من الجبس. ويتكون الصخر الناتج من حبيبات دقيقة ولكن في بعض الأحيان قد يظهر المعدن

في هيئة ألياف أو صفائح . ويوجد الجبس غالبا مع الملح والرواسب المحلية المختلفة وكذلك الجير والطفل حيث تترسب هذه كلها من البحر.

الأنهيدريت Anhydrite: ويلى الجبس في التكوين والترسيب من مياه البحر ، ويوجد مكونا لطبقات مشابهة للجبس ، وغالبا يوجد الاثنان معا بالاضافة إلى رواسب أخرى ملحية.

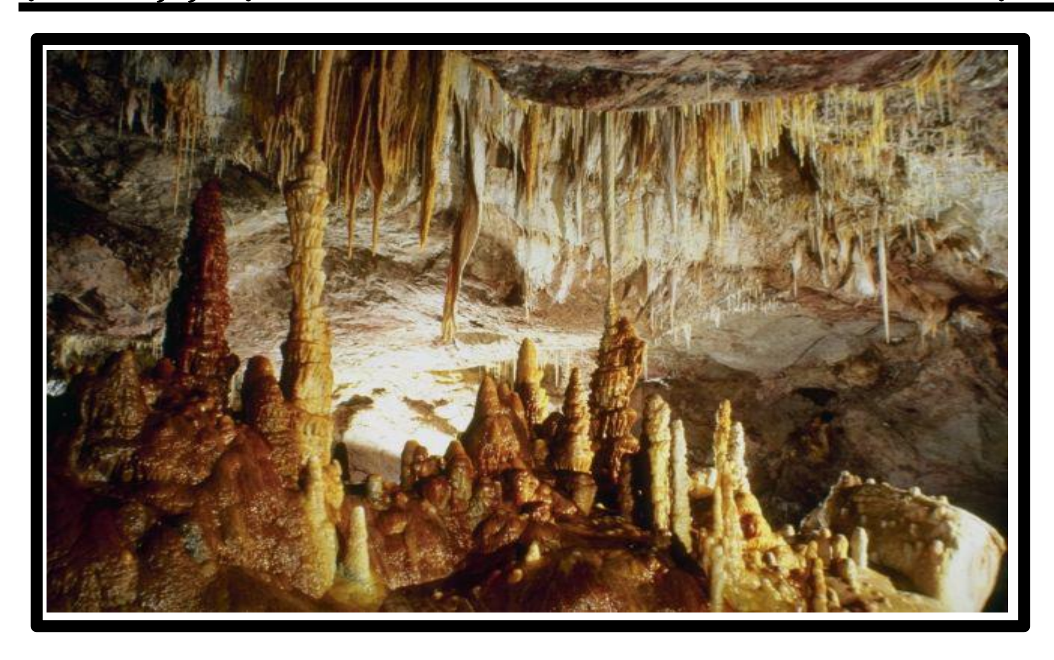
الملح Salt: يوجد في طبقات ذات سمك كبير وغالبا ما تكون البلورات واضحة . والملح يلي الجبس والانهيدريت في التبلور والترسيب من مياه البحر المتبخرة ، ولذلك غالبا ما يكون الطبقات العليا للتكاوين الجيولوجية والتي تتكون من الجبس والأنهيدريت في الطبقات السفلى. وقد توجد مع بعض أنواع رواسب الملح رواسب من كلوريد البوتاسيوم (سيلفيت Sylvite) وفي هذه الحالة تعتبر مصدرا هاما لأملاح البوتاسيوم.



ومن أمثلة الرواسب الجبسية والملحية تلك الجبال الممتدة على جانبى خليج السويس والبحر الأحمر قرب منطقة البترول فى رأس غارب وفى المناطق الممتدة على الساحل.

الصخر الجيرى البطروخى Oolitic limestone: وهو أحد أنواع الصخور الجيرية ويتكون من حبيبات صغيرة (في حدود ٢ ملليمتر على الأكثر) كروية الشكل ، وتشبه بطارخ السمك وقد ترسبت كيميائيا من مياه البحار والبحيرات المالحة تحت ظروف معينة ، وتوجد نواة دقيقة (مكونة من ذرة من الرمل أو قطعة مكسرة من صدفة) داخل كل كرة صغيرة من هذه الكرات الجيرية.

رواسب الاستلاكيت Stalagmites & Stalactites: وهذه هي المعادن المخروطية الشكل المكونة من بلورات الكالسيت والتي تتدلى من سقوف الكهوف الجيرية أو ترتفع قائمة على أرضية هذه الكهوف وقد ترسبت هذه المعادن نتيجة لبخر محاليل المياه الأرضية المحتوية على حامض الكربونيك وكربونات الكالسيوم الهيدروجينية الذائبة فيها.



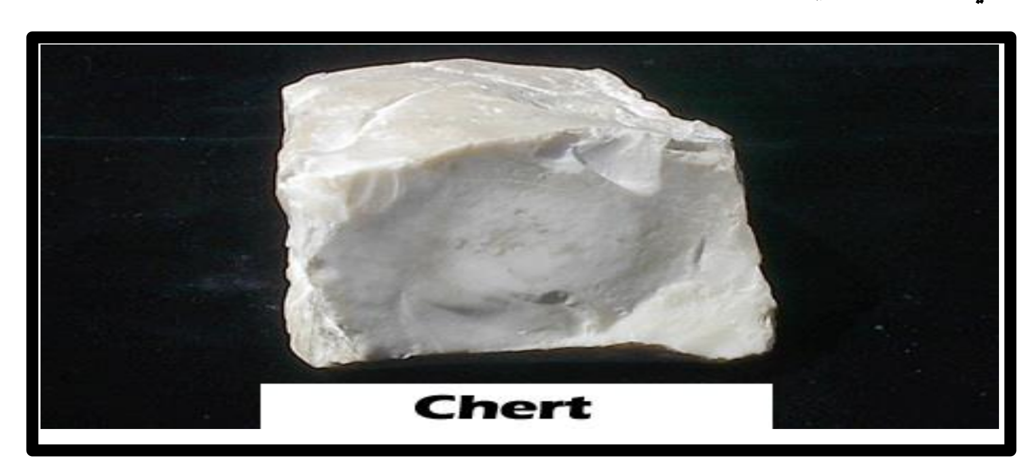
الترافرتين Travertine: وهو عبارة عن رواسب جيرية من أصل كيماوي ترسبت حول الينابيع الحارة على سطح ال{أض. وتترسب نتيجة لفقدان المحاليل لغاز ثاني أكسيد الكربون وترسيب كربونات الكالسيوم.

الرواسب الكيميائية السليكية Siliceous sinter: وهي رواسب مكونة من ثاني أكسيد السليكون تتكون حول بعض أنواع الينابيع الحارة المتفجرة التي تعرف باسم الجيزر Geysers. وتعرف الرواسب أيضا باسم جيزيريت.

الدولوميت Doloimites: وهذه صخور راسبة مكونة من معدن الدولوميت (كربونات الكالسيوم والمغنسيوم المزدوجة) وهي تشبه الحجر الجيري إلا أنها أثقل قليلا منها وكذلك صلادتها أعلى قليلا ، ولا تتفاعل بسرعة مع حامض الهيدروكلوريك البارد المخفف. ويعقتد أن كثيرا من رواسب الدولوميت قد تكونت نتيجة لتفاعل المحاليل المغنيسية أو المحاليل الأرضية مع الحجر الجيري كما في المعادلة:

$$CaCo2 + MgCl2 = CaMg\ (CO3)2 + CaCl2$$

الفلنت والشيرت Chert & Flint: هذه صخور كيميائية سليكية ، مكونة من حبيبات مجهرية أو مفتتة متبلورة من السليكات . وتوجد في هيئة كرات أو عدسات أو طبقات رقيقة (متصلة أو غير متصلة) خصوصا في الأحجار الجيرية.




Flint

ثالثا – الصخور الرسوبية العضوية:

الصخر الجيري العضوي: وهذه هي أهم أنواع الصخور الجيرية وأكثرها انتشارا في الأرض. ويرجع تكوينها إلى قدرة بعض أنواع الحياة من حيوانات ونباتات على استخلاص المادة الجيرية من مياه البحار التي تعيش فيها وتحويلها إلى محارات وأصداف لسكانها ووقاية أجسامها الرخوة. وتموت هذه الحيوانات والنباتات فتسقط محاراتها وخلاياها إلى قاع البحر وتكون رواسب جيرية تزداد بمرور الزمن الطويل وتتحول بالضغط ورسوب مواد أخرى بين ذراتها إلى الصخور الجيرية المعروفة. وتعرف الصخور الجيرية العضوية بأسماء مختلفة حسب نوع الأصداف أو المحارات الغالبة في تكوينها فمثلا يوجد حجر جيري صدفي Shelly limestone أو مرجاني Coral limestone أو فورامينفري Foraminifera limestone ... الخ.

وتوجد الصخور الجيرية في مساحات واسعة في مصر حيث تغطي الجزء الشمالي من الصحاري الغربية والشرقية وشبه جزيرة سيناء وتمتد على جانبي نهر النيل من القاهرة حتى قرب ادفو.


Limestone - Fossiliferous

الطباشير Chalk: نوع من الصخور الجيرية يمتاز ببياضه الناصع وقلة صلادته بحيث يترك أثرا أبيضا على أي شئ يلامسه ، وهو مكون من ذرات دقيقة أغلبها أصداف حيوانات بحرية وحيدة الخلية.



صخر الفوسفات Phosphate rock: صخر مركب من فوسفات الكالسيوم مع مواد اخرى. وهذا الصخر يتكون في أول الأمر من تراكم عظام حيوانات فقارية بحرية وبرية من أسماك وزواحف تم تحويلها بمضي الزمن إلى فوسفات الكالسيوم (عظام الحيوانات البحرية تحتوي في المتوسط على نحو ٦٠% من فوسفات الكالسيوم).

توجد طبقات هامة لصخر الفوسفات في تونس والجزائر والمغرب وكذلك في مصر قرب البحر الأحمر عند سفاجة والقصير حيث تستغل على نطاق واسع. كما أنها توجد في جهات متفرقة بالصحراء الشرقية وفي وادي النيل قرب السباعية واسنا وفي الصحراء الغربية عند الواحات الداخلة والخارجة. وقد وجد أن بعض صخور الفوسفات تحتوي على نسبة ضئيلة من عنصر اليورانيوم.

والفوسفات من المواد التي تحتاج إليها بعض أنواع المزروعات لنموها وقد تفتقر إليها بعض الأراضي ولذلك تستعمل كسماد (في هيئة سوبر فوسفات قابل للذوبان في الماء) في كثير من البلاد.

الفحم الحجري والرواسب الفحمية والنباتية المختلفة: كلها رواسب من أصل عضوي (نباتي) ترسبت في بيئة الغابات والمستنقعات ثم بعد ذلك تحللت وتفحمن (أي تركز بها الكربون).

فالمادة المعروفة باسم بيت Peat هي ماد نباتية مكدسة في البلاد الرطبة وهي أشبه بالبرسيم المجفف المضغوط وتبلغ نسبة الكربون فيها ٦٠%.

أما الفحم الكاذب أو الليجنيت Lignite فهو عبارة عن رواسب نباتية مضغوطة تحتوي من ٥٥% إلى ٧٥% كربون. سمراء اللون ، وهي توجد عادة ضمن طبقات عصور جيولوجية حديثة. أما الفحم الحجري أو الأنثراسيت Anthracite ، فهو صخر أصم حالك السواد سريع الكسر ومكسره محاري. وتبلغ نسبة الكربون

به من ٧٥% إلى ٩٠% ويتحرق بسهولة فيعطي لهبا صافيا. ويوجد الفحم الحجري عادة في طبقات تتخلل طبقات أخرى من الصخور الرملية والطينية تابعة للعصر الكربوني.



الصخورا المتحولة:

الصخور المتحولـة هي صخور وطرأ عليها تغييرات فيزيائيـة (الحرارة أو الضغط أو كليهما) وكيميائيـة. وعملية التحول هي العملية التي بموجبها يتغير الصخر الأصلي بواسطة عوامل فيزيائية أو كيميائية إلى صخر جديد له خواص جديدة. فعندما يتحول الصخر الراسب مثلا إلى صخر متحول فإنه يصبح أشد صلادة وأكثر تبلورا. أما الصخر الناري فإنه عندما يتحول يفقد شكله الذي يميزه بأنه ناري (البلورات موزعة بلا نظام) ويتكسب شكلا آخر يتميز بوجود البلورات مرتبة في خطوط متوازية تقريبا.

الخصائص العامة:

١ – تحمل بعض الخصائص و التراكيب الاصلية قبل التحول (التطبق، الحفريات).
٢ – ظهور معادن جديدة.
٣– التورق : اعادة تشكيل و ترتيب المعادن (المسطحة)بحيث تكون اكثر توازيا.
٤ – تتواجد في الاماكن النشطة تكتونيا.
٥ – اشكال والوان متعددة.

عوامل التحول:

١ – الحرارة.
٢ – الضغط.
٣–المحاليل النشطة كيميائيا.

أنواع التحول:

١ – التحول الحراري: مثل تحول الرخام من الدلومايت و تحول الهورنفلس من الصخور الجيرية، وهو محدود الانتشار.

٢ – التحول الديناميكي: ناتج عن الضغط الذي يؤدي الى تكسير او تراص الصخور مثل الميلونيت.

٣ – التحول الدناميكي– الحراري(الاقليمي): يحدث بتأثير مشترك لكل من الضغط و الحرارة مثل النيس و الشيست، ويكون واسع الانتشار.

٤ – التحول الذاتي: ينتج بفعل النشاط الكيميائي للسوائل الحارة و الغازات مثل صخور السربنتينيت

نسيج التحول: الشكل الناتج عن وجود الحبيبات او البلورات المطونة للصخر بطريقة خاصة بجانب بعضها.

و للصخور المتحولة ٣ أنسجة رئيسية:

١ – النسيج الغير متورق: ينتج من التحول الحراري الذي يؤدي الى اعادة تبلور المكونات المعدنية للصخر الاصلي قبل التحول دون تغير شكل الحبيبات.

٢ – النسيج المتورق: ينتج من التحول الاقليمي، يتميز بوجود صفوف من بلورات تتراص على هيئة رقائق او احزمة متوازية، الشستوزي –النيسوزي.

٣ – نسيج الضغط الديناميكي: ينتج من تاثير الضغط الموجه، و نظرا لعدم تجانس التركيب الصخري، ينتج من ذلك نسيج فتاتي دقيق او خشن او نسيج على شكل عدسات طولية عامود على اتجاه الضغط.

وتقسم الصخور المتحولة بوجه عام إلى قسمين:

1	صخور متحولة بالحرارة Thermal metamorphic.
٢	صخور متحولة بالحرارة والضغط Regional Metamorphic rocks

الصخور بالمتحولة بالحرارة :

عندما تدخل المجما في صخور القشرة الأرضية فإنها تؤدي إلى تغيير الصخور المحيطة بها بواسطة حرارتها العالية والمحاليل الموجودة بها. مثل هذا التغير في الصخور المحيطة بالمجما يعرف باسم التحول الحراري أو التحول التماسي ، وينتج عنه في معظم الحالات تكوين معادن جديدة في الصخور المتحولة تعرف باسم المعادن المتحولة بالحرارة. وتوجد هذه المعادن في الأماكن القريبة أو المتماسة مع الصخر الناري. ونسيج الصخور المتحولة بالحرارة نسيج حبيبي (البلورات متدخلة وموزعة بدون ترتيب معين) .

وتتوقف كمية ونوع التحول في الصخر على حجم الجسم الناري المتداخل وعلى التركيب الكيميائية والخواص الفيزيائية للصخر المحيط بهذا الجسم الناري. فمثلا يتحول الصخر الرملي إلى صخر الكوارتزيت ويتحول الطفل إلى هورنفلس Hornfleis ، وهو صخر متماسك يحتوي على معادن البيوتيت والأندلوسيت Andlosite) Al2SiO5 ، وستوروليت Staurolite] Al2SiO8.Fe(OH)2] ، وكوردريت Mg,Fe)2] Corodierite Al8Si5Al)O18]، وجارنت.

ومن أهم أمثلة التغيرات والتحولات الحرارية التي تنتج في الصخور التحول الحراري للصخر الجيري. فعندما يتحول الصخر الجيري النقي بالحرارة فإنه يتبلور من جديد ويكون صخر الرخام. ولكن الصخر الجيري يوجد به في كثير من الأحوال شوائب مختلفة تشمل معادن الدولومتي والكوراتز والطين وأكاسيد الحديد بكميات متفاوتة فتجعل منه صخرا غير نقي ، وتحت تأثير الحرارة (الضغط في بعض الأحيان) تتحد هذه الشوائب مع كربونات الكالسيوم لتكون معادن جديدة ، فمثلا قد يتحد الكوارتز مع الكالسيت ليكونا معدن ولاستونيت (Ca SiO8) ، بينما يتفاعل الدولوميت مع الكوارتز ليعطيا معدن الدايوبسيد (SiO2)8) (CaMg. أما في وجود الطين فإن الألومنيوم الموجود به يشترك في التفاعل وتتكون معادن مثل الكوراندوم وسبينيل ، والجارنت الكالسي (جروسيولاريت). أما إذا وجدت مواد كربونية فإنها تتحول بفعل الحرارة إلى جرافيت.

وعلى ذلك يمكن تلخيص المعادن التي تتكون في الصخر الجيري غير النقي المتحول بالحرارة فيما يأتي:
جرافيت ، سبينيل ، كوراندوم ، ولاستونيت ، تريموليت ، ديوبسيد ، وجارنت كالسي.

وإذا اشتركت محاليل حرارية مائية مع الحرارة في عملية التحول فإنه ينتج في الصخر المتحول مجموعة كبيرة من المعادن أكثر من تلك التتي تتكون بالحرارة فقط.

صخور التحول الاقليمي:

يحدث هذا التحول في الصخور على نطاق واسع وتشمل اقليما كبيرة ويشترك فيها عوامل عدة أهما الضغط والحرارة المرتفعان ويسعدهما تأثير الماء والمحاليل الكيميائية. ويشمل التحول في معظم الأحيان ترتيب المعادن المكونة في نظام جديد يتفق مع الظروف الجديدة ، وفي بعض الاحيان قد تتكون معادن جديدة أو تحدث إضافات أو استخلاص لبعض العناصر الكيميائية وعملية التحول هذه قد تصل في تغييرها إلى درجة تزيل معها معالم الصخر الأصلي إزالة تامة . ويحدث هذا التحول نتيجة لحركات صخور القشرة الأرضية التي ينتج عنها تكوين الجبال والتي تعرف باسم الحركات البانية للجبال ، تنتج البنيات والتجاعيد الجيولويجة المختلفة. وفي هذه الثنيات تتعرض الصخور إلى درجة عالية من الضغط والحرارة فتتغير هذه الصخور وتتحول معادنها الأصلية إلى معادن جديدة أكثر استقرارا وتكيفا مع الظروف الجديدة ، وكذلك يتغير البناء الطبيعية للصخر نتيجة لهذه الظروف الجديدة فتتكسر بعض المعادن بسبب الضغط الواقع عليها أو قد تتفلطح أو تتبلور وتصطف بلوراتها في صفوف وطبقات متوازية. وتعتبر هذه الخاصية الصفائحية أو المصفوفة التي تنتج عن ترتيب المعادن في صفائح أو صفوف أهم خاصية مميزة لنسيج هذا النوع من الصخور المتحولة الاقليمية ، وبواسطتها يمكن التمييز بين الصخر المتحول والصخر الناري. ويتوقف الصخر المتحول الناتج على عملي الضغط والحرارة وذلك بالإضافة إلى التركيب الكيميائي للصخر الأصلي. وكلما اشتد التحول بازدياد الضغط والحرارة فإنه تتكون مجموعات جديدة من المعادن تتناسب مع هذه الشدة.

فمن المعادن التي تتكون تحت ظروف من الحرارة والضغط المنخفضين المسكوفيت والكلوريت والكوارتز والبيوتيت ، أما الكيانيت (Kyanite Al2SiO5) ، والسيليمنيتي (Sillimanite Al2SiO8) ، والجارنت والأوليجوكليز فإنها تتكون في ظروف من الحرارة والضغط الشديدين.

وقد أمكن تقسيم الصخور المتحولة بالحرارة والضغط إلى نطاقات Zones

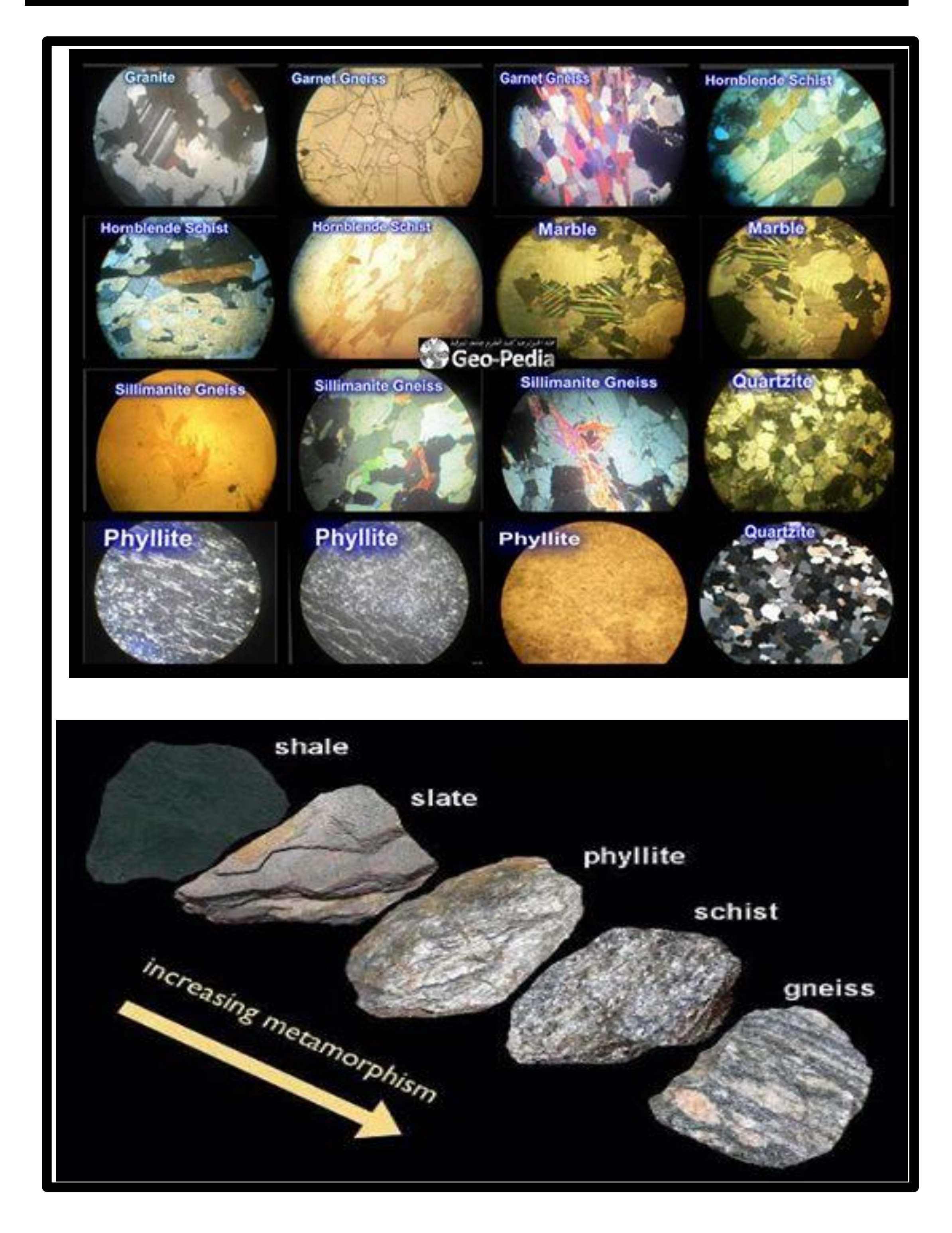
تضم كل منها مجموعة من المعادن تكونت في ظروف واحدة من التحول (منخفضة – متوسطة – عالية). ومن أمثلة هذه النطاقات تلك التي تتكون في الصخور الطينية والتي تضم كل منها مجموعة من المعادن الأساسية مبينة كما يلي ومرتبة من التحول المنخفض (أول نطاق) إلى التحول العالي (آخر نطاق).

- نطاق الكلوريت: مسكوفيت ، كلوريت ، كوارتز.
- نطاق البيوتيت: بيوتيت ، مسكوفيت ، كلوريت ، كوارتز.
- نطاق الجارنت: جارنت (ألمدنديت) ، مسكوفيت ، بيوتيت ، كوارتز.
- نطاق الستوروليت: ستوروليت ، جارنت ، بيوتيت ، مسكوفيت ، كوارتز.
- نطاق الكيانيت: كيانيت ، جارنت ، بيوتتيت ، مسكوفيت ، كوارتز.
- نطاق السيليمنيت: سليمنيت ، كوارتز ، جارنت ، مسكوفيت ، بيوتيت ، أوليجوكليز ، أرثوكليز.

ومما سبق نلاحظ أن الصخور المتحولة بالحرارة لها نسيج حبيبي (غير صفائحي non foliated) أما الصخور المتحولة بالحرار والضغط فلها نسيج صفائحي foliated.

ومن أهم أمثلة النوع الأول (الحبيبي) : الكوارتزيت والرخام والهورنفلس .

أما أمثلة النوع الثاني (الصفائحي): فتشمل الشست والنيس والأردواز.



وفيما يلي وصف مختصر للأنواع الشائعة من الصخور المتحولة:

الكوارتزيت Quartzite: يتكون الكوارتزيت – كما يدل الاسم عليه – من معدن الكوارتز. وينتج هذا الصخر من التحول الحراري للصخر الرملي ، وفي هذا الصخر تلتحم حبيبات الكوارتز بعضها ببعض بواسطة السليكا التي ترسبت بين الحبيبات وفي مسام الصخر الأصلي وينتج عن ذلك أن يكون الصخر المتحول صلدا

جدا ، وإذا كسر فإنـه ينكسر عبر حبيبات الكـوراتز ، وبـذلك يمكـن تمييزه عن الصـخر الرملـي حيـث يـحدث المكسر حول حبيبات الرمل ، والكوارتزيت لا يتفاعل مع حامض الهيدروكلوريك.


Quartzite

الرخام Marble: الرخام صخر متحول عن صخر جيري ، وهو صخر متبلور مكون من حبيبات الكالسيت بفصحة عامة ولكن في بعض الأحوار النادريـة قد يتكون من الدولوميت. والحبيبات المكونـة للرخام قد تكون صـغيرة جدا لدرجـة لا يمكـن تمييزها بـالعين الجـردة. وقد تكـون كبيـرة خشـنـة حتـى أن يمكـن تمييـز انفصـام الكالسـيت بسـهولة ، ويشـبه الرخـام الصـخر الجيـري فـي صـلادته المنخفضـة وفـي تفاعلـه مـع حـامض الهيدروكلوريك وحدوث فوران. والرخام لونـه أبيض إذا كـان نقيا خاليا من الشوائب ولكنـه قد يبدو في ألوان متباينـة (الإحمرار أو الخضرة ، أو الرصاصي أو ما يقرب من السواد) لاحتوائه على شوائب مختلفة.

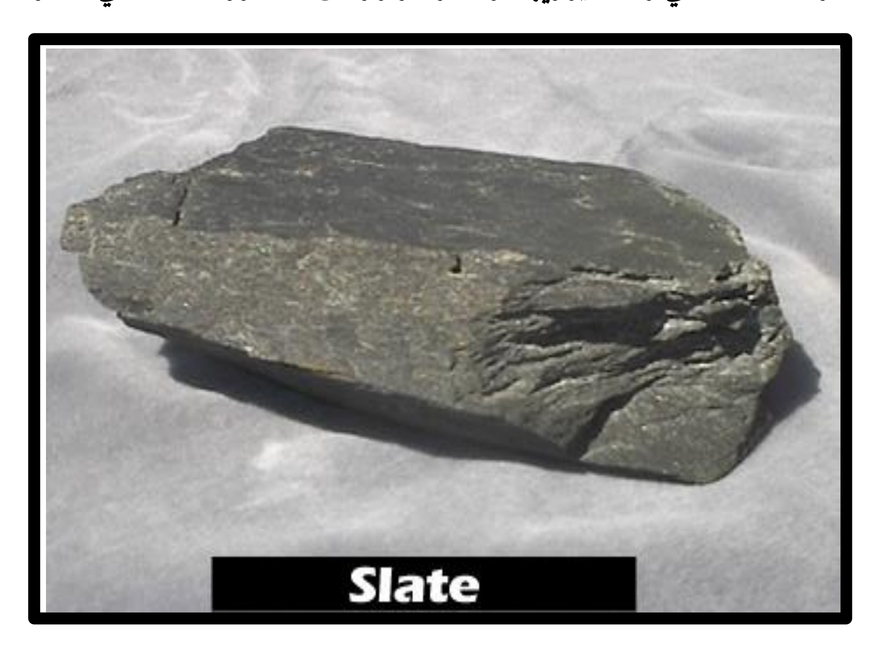

Marble


Marble

الهورنفلس Hornfles: يطلق هذا الاسم على الصخر المتحول الناتج عن التحول الحراري للصخور الطينية. ومعظم المعادن المكونة لهذا لاصخر دقيقة الحبيبات ولا يمكن تمييزها إلا بواسطة الميكروسكوب المستطقب. والهورنلفلس لونه رمادي ويتكون من معادن الفلسبار والبيوتيت ومعادن أخرى حديدو – مغنيسية متحولة ، وأغلب صخور الهورنفلس لها نسيج حبيبي متساوي ، ولكن هناك بعض الصخور التي تتكون أرضيتها من معادن حبيبية (مثل السكر) وموزع فهيا بلورات كبيرة. وتعرف البلورات الكبيرة في مثل هذه الصخور المتحولة باسم بورفيروبلاس **Porphyroblast**.



الاردواز Slate: صخر متحول ذو لون رمادي داكن ينتج عن التحول الضغطي للصخور الطفلية ، والنسيج حبيبي دقيق ، ولكن الصخر يتميز بوجود خاصية التشقق الصخري فيه ، أي أنه يتشقق بسهولة ، وينتج عن هذا التشقق الاردوازي صفائح وألواح رقيقة وكبيرة المساحة ن وقد يحدث هذا التشقق الاردوازي موازيا لمستوى الطبقات في صخر الطفل الأصلي وقد لا يوازيها. وصخر الردواز من الصخور الشائعة في القشرة الأرضية.



الشست Schist: الشست صخر متحول بالضغط والحرارة له نسيج مميز يعرف باسم النسيج الشستي عبارة عن حبيبات دقيقة أو متوسطة توجد بين صفائح متقاربة ومتوازية تقريبا ، وتتكون الصفائح من معادن الميكا المختلفة ، والصخر ينفصل بسهولة عند هذه الصفائح. وهناك أنواع كثيرة من الشست يطلق عليها أسماء مختلفة أهما الشست الميكائي Mica schist الذي يتكون بصفة اساسية من معادن الكوارتز والميكا (عادة المسكوفيت أو البيوتيت). وتظهر الميكا بوضوح في الصخر مكونة صفائح كتلية أو ورقية أو مرتبة بحيث توجد جميع مستويات انفصامها موازية لبعضها مما يجعل الصخر يبدو في هيئة صفائحية مميزة. ويوجد عادة بجانب الميكا والكوارتز معادن أخرى إضافية مثل الجارنت ، ستوروليت ، كيانيت ، سليمنيت ، أندلوسيت ، ابيدوت ، هورنبلند ، تلك ، كلوريت ، الأمر الذي يجعل الصخر يسمى باسم شست جارنيتي ، وشست ستوروليتي ، وشست كيانيتي.. الخ تبعا لنوع المعدن الإضافي المميز ، والشست إما أن يكون متحولا عن صخر ناري أو صخر رسوبي.



النيس Gneiss: النيس صخر متحول به نسيج خشن متبلور إلا أن بلورات المعادن المختلفة مرتبة في صفوف متوازية. فمثلا في بعض الأنواع توجد طبقات أو صفوف من الميكا السوداء وبينها توجد صفوف أخرى من معدن الكوارتز والفلسبار. وتكون هذه الصفوف عادة متقطعة ، أي ليست متصلة ومستمرة كما هو الحال في الشست ، ونرى في هذا النوع أن تركيبه المعدني مماثل للتركيب المعدني لصخر الجرانيت ولذلك يسمى النيس الجرانيتي نسبة إلى أن أصله جرانيت تحول بفعل الضغط والحرارة إلى نيس. وهناك أنواع أخرى من النيس بعضها أصله ناري والبعض الآخر أصله راسب. وقد يسمى النيس حسب تركيبه المعدني مثل النيس اليوتيتي والنيس الهورنلبندي الذي يدل على أن الصخر غني بمعدن اليوتيت أو الهورنبلند ... الخ.

وتعتبر صخور النيس أكثر الصخور المتحولة انتشارا في القشرة الأرضية ويليها صخور الشست. وفي الصحراء الشرقية المصرية وشبه جزيرة سيناء توجد صخور النيس والشست منتشرة بكميات كبيرة مكونة الكثير من الجبال وتابعة لأقدم الأحقاب الجولوجية (حقب ما قبل الكمبري Precambrian).



الشهب والنيازك: Meteors and meteorites

إن الذي يرقب السماء في ليلة صافية ، يرى عشرات من الأجسام المضيئة المتحركة بسرعة خاطفة منطلقة من قبة السماء في اتجاهات مختلفة وكأنها أسهم نارية ، بيضاء أو خضراء اللون ، لا تلبث متوهجة لثوان معدودات ثم تنطفي وتختفي. هذه الأجسام المضيئة كالأسهم الخاطفة هي الشهب ، وهي أجسام مختلفة الأحجام قادمة من الفضاء الخارجي ، وتمثل أجزاء من كوكب شبيه بالأرض ، ولكن أصغر حجما منها . وقد حدث فيه انفجار أو تصادم أدى إلى تفتته. والشهب تلمع في خطوط مضيئة نتيجة للاحتكاك الشديد بينها وبين جو الأرض ، ذلك الاحتكاك الذي يرفع درجة حرارة جسم الشهاب إلى حد أن يتوهج ويشتغل ويستحل إلى رماد في لمح البصر. أما اذا كان الجسم كبيرا نوعا ما ، فقد لا يحترق بأكمله . وحينئذ يصل ما تبقى منه إلى سطح الأرض ، في هيئة نيزك ليرتطم بها ، وقد يحدث هذا الارتطام حفرا أو فجوات كبيرة.

إن الشهب والنيازك في الحقيقة تؤدي للعلم والمعرفة خدمة جليلة ، ذلك لأنها الأجسام الفلكية الوحيدة التي تصل إلى أيدينا من الفضاء لنقرأ فيها أسطرا في صفحة من صفحات الكون ، ترى مم تتكون النيازك؟

تمثل النيازك نوعا خاص من تواجدات المعادن. وتصنف النيازك إلى أنواع ثلاثة:

١- نيازك مكونة من سبيكة النيكل والحديد [Siderites of irons].

٢- نيازك مكونة من خليط من الحديد والنيكل وسليكات متبلورة (الأوليفين بصفة اساسية أو البيروكسين) [Siderites of stony irons].

٣- نيازك مكونة من السليكات المتبلورة [Aerolites of stones].

تتكون النيازك الحديدية بصفة أساسية من سبيكة الحديد والنيكل (متوسط تركيبها الكيميائية ٩١% حديد ، ٨,٥% نيكل ، ٠,٥% كوبالت) ، وتحتوي عادة على نسب ضئيلة من معادن ترويليت Troilite FeS ، شريبرزيت Schreibarsite Fe,Ni–Co3P ، كوهنيت Cohenite Fe8C ، جرافيت ، وقد وجد الألماس في أحد النيازك. وتتميز النيازك الحديدية بأنسجة خاصة مميزة.

أما النيازك المعروفة اسم "سيديروليت" ، فإنها تتكون من خليط من النيكل والحديد والسليكات بكميات متساوية تقريبا ، والسليكات عادة ما تكون أوليفين ، وفي بعض منها بيروكسين ، والنسيج عبارة عن حبيبات مستديرة.

أما النيازك الحجرية فإنها تتكون بصفة أساسية من معادن سليكاتية مختلفة.

ويلاحظ أن الشهب تحوي نفس العناصر الكيميائية الموجودة في معادن الأرض وصخورها ، ولكن نسب هذه العناصر مختلفة تماماً./ فمثلا ، في الشهب الحديدة نجد النيكل فيها يتراوح ما بين حد أدنى هو ٥% وحد أعلى هو ٣٤% ، وهي نسب غير معروفة في أي معدن أو صخر أرضي. كذلك نجد أن ارتباط هذه العناصر لتكون ما يعرف باسم المعادن يأخذ صورا الكثير منها غير مرعوف بين معادن الأرض ، والقليل منها ما هو معروف. كما أن معظم المعادن الغنية بالأكسجين والموجودة في الأرض ، أو تلك التي تكونت من محاليل مائية غير موجودة بالمرة بين مادة الشهب والنيازك ومكوناتها.

معادن وصخور القمر: Minerals and Rocks of the moon

القمر تابع للأرض يبلغ قطره ٣٤٦٠ كيلو متر تقريبا ، ويبعد عن الأرض بحوالي ٣٠٠,٠٠٠ كيلومترا. وقد هبط الإنسان لأول مرة على سطحه عام ١٩٦٩ (رحلة أبوللو رقم ١١ في الفترة من ١٦ – ٢٤ يوليو ١٩٦٩) وجمع عينات من سطحه ، وتبع ذلك خمس رحلا أخرى هبط فيها الإنسان على القمر وجمع مزيدا من العينات. أثبتت الإختبارات التي أجريت على العينات التي جمعت من سطح القمر أن الأنواع التالية من الصخور توجد ضمن الصخور المكونة لقشرة القمر:

١- خليط من المعادن المهشمة المتماسكة Soil breccias: وهذا النوع من الصخر الدقيق الحبيبات يكون ٥٢,٤% بالنسبة إلى بقية الأنواع الأخرى التي جمعت. يتكون هذا لاصخر من خليط من فئات صخور البازلت والأنورقوزيت والزجاج في أرضية من دقيق ناعم من صخر البازلت (مكون من معادن أوجيت وألمينيت وقليل من البلاجيوكليز). وقد تحول هذا الدقيق الناعم إلى لحام زجاجي يضم الفتات الصخرية المهشمة بفعل الصدمات الكثيرة التي تعرض لها القمر.

٢- البازلت Basalt: ويكون ٣٧,٤% في العينات التي جمعت. يتراوح حجم الحبيبات المكونة لهذا الصخر بين ١ ، ٣٠ ميكرون ، ويتكون الصخر بصفة أساسية من: (١) البيروكسين (حوالي ٥٠% بالوزن). وهذا البيروكسين من النوع التيتاني أو تحت الكلسي ؛ (٢) البلاجيوكليز (حوالي ٢٥%) ، ويغلب عليه النوع الأنورثيتي [أنورثيت (٩٠ – ١٠٠)] ؛ (٣) الألمنيت (حوالي ٢٠%) ، ومن الغريب أن بعض عينات البازلت وجدت غنية بالبوتاش (٠,٧%).

٣- زجاج: ويكون ٥,١% في العينات ، ويتروح حجم حبيباته من أقل من ١ ميكرون إلى أكثر من ٣ سم ، ويختلف شكل حبيباته من حادة الزوايا إلى كروية كاملة ، ولونها يتدرج من اللون البني أو البرتقالي الأصفر إلى عديمة اللون. وقد يكون بها فقاقيع أو تخلو منها. كما يكون الزجاج في بعض الأحيان غير متجانس ، ويبدو أن هذا الزجاج قد تكون بصفة أساسية نتيجة للصدمات ذات السرعة الفائقة (للنيازك) والتي تسهم في العمليات المستمرة على سطح القمر.

٤- صخور أنورثوزيتية: وتكون ٣,٦% في العينات ، يتروح تركيبها بين انورثوزيت (بلاجيوكليز كلسي) إلى جابروأنورثوزيتي (بلاجيوكليز كلسي مع أوليفين وبيروكسين أحادي الميل).

٥- معادن وصخور أخرى: تكون ١,٥% (من بينها أقل من ٠,١% ركام نيزكي Meteoritic debris).

والفكرة السائدة الآن عن تصور لنموذج تركيب القمر أنه يتكون من قشرة من الأنورثوزيت سمكها حوالي ٢٥ كيلو مترا – تكونت نتيجة لعملية التجزئة أو التفارق المجمائي – عائمة على صخور الجابرو الأعلى كثافة. وفي الأزمنة الساحقة تكونت في قشرة القمر "ثقوب" نتيجة لارتطامات النيازك والكويكبات الضخمة ، وتفجرت من هذه الثقوب الحمم البازلتية لتملأ المنخفضات بالحمم.

السؤال الذي لم يجد جوابا حتى الآن هو كيف نشأ القمر؟ هل كان نتيجة مادة كويكيبية وقعت في أسر جاذبية الأرض ، وأصبحت تابعة لها. أم أن القمر كان جزءا من الأرض ثم انشطر عنها .... أم أن القمر يمثل أجساما تلاحمت على هذا البعد من الأرض ، وازدادت حجما لتكون القمر ، أم أن هناك نشأة أخرى لم يتوصل إليها الباحثون حتى الآن؟ إن هذه سمة البحث العلمي .. البحث عن الحقيقة. قبل عام ١٩٦٩ لم يكن هناك جيولوجي رأى بعينيه أو لمس بيديه عينة من صخور القمر ولكن كانت هناك بعض المعلومات والمعرفة عن القمر. وبعد عام ١٩٦٩ زادت المعرفة وتضاعفت ، وهكذا يتقدم البحث العلمي ليضيف إلى البشرية كل يوم جزءا جديدا من المعرفة تكشف عن أسرار هذا الكون. هذه المعرفة التي لن تقف عند حد أبدا . وما معرفتنا الحالية إلى قطرة في بحر. "وما أوتيتم من العلم إلا قليلا" صدق الله العظيم.

الباب التاسع

وصف المعادن الشائعة

تمهيد

انتهينا الآن من دراسة المعلومات الأساسية عن المعادن: الخواص البلورية ، الخواص الفيزيائية ، الخواص الكيميائية ، نشأة المعادن وتكوينها ، والحالات المختلفة التي توجد عليها في الطبيعة. وفي الصفحات التالية سوف نصف ما يقرب من ١٠٠ معدن ، وهذا العدد قليل جدا بالنسبة لعدد المعادن التي وصفها جيولوجيو المعادن والتي تقرب من ٢٠٠٠ معدن . وتشمل هذه المعادن المائة جميع المعادن الشائعة وتلك التي لها قيمة اقتصادية.

وسنقدم في وصف كل معدن أولا : خواصه البلورية والكيميائية والفيزيائية ثم تلك الخواص والإختبارات التي تساعد في تمييز المعدن وتفرقته عن المعادن الأخرى ، ويلي ذلك نبذة عن وجود المعدن في الطبيعة والمعادن التي تصاحبه ، وكذلك أسماء المناطق التي يوجد بها المعدن بكميات وافرة ، ثم فائدة المعدن ، وفي بعض الأحيان كيف اشتق اسم المعدن.

وعلى ذلك سنتناول في وصف كل معدن شائع الوجود هذه المعلومات بالترتيب الآتي:

١- الخواص البلورية.
٢- الخواص الفيزيائية.
٣- التركيب الكيميائية.
٤- الإختبارات.
٥- الخواص المميزة.
٦- التحلل.
٧- الوجود في الطبيعة.
٨- الفائدة.
٩- الإسم.
١٠ – الأنواع المشابهة.

وسنتسلسل في وصف هذه المعادن حسب تصنيفها الكيميائية على أساس الشق الحامضي إلى طوائف كما يلي:

التصنيف الكيميائي للمعادن:

يوجد المعدن على شكل مركب كيميائي يمكن بواسطة التحليل الكيميائي تحديد العناصر المكونة له وأيضاً معرفة معادلته الكيميائية وتوجد عدة طرق لتقسيم المعادن، بيد أن التصنيف الكيميائي يعد من أبسط وأشمل الطرق لتقسيم المعادن، وهو التصنيف المتبع في معظم جامعات ومتاحف الجيولوجيا في الوقت الحاضر. وتقسم المعادن من حيث تركيبها الكيميائي إلى عدة مجموعات كنا يلي:

١- مجموعة المعادن العنصرية : مثل الذهب والماس والكبريت.
٢- مجموعة معادن الكبريتيدات : وهي المعادن التي يتحد فيها الكبريت مع العناصر الأخرى، مثل الجالينا والبايرايت.
٣- مجموعة معادن الأكاسيد : وهي المعادن الناتجة عن اتحاد الكسجين بالعناصر الأخرى، مثل الكوارتز والهيماتايت والليمونايت.
٤- مجموعة الهاليدات : وهي المعادن التي تتحد عناصرها مع عناصر الهالوجين (فلور، كلور، بروم، يود) مثل معدن الهالايت والفلورايت.
٥- مجموعة معادن الفوسفات : وهي المعادن التي تتحد عناصرها مع مجموعة الفوسفات، مثل معدن الأباتايت.
٦- مجموعة معادن الكربونات : وهي المعادن التي تتحد عناصرها مع مجموعة الكربونات، مثل الكالسايت والدولومايت.
٧- مجموعة معادن الكبريتات : وهي المعادن التي تتحد عناصرها مع مجموعة الكبريتات مثل الانهيدرايت والجبس.
٨- مجموعة معادن السيليكات : وهي المعادن التي تتكون نتيجة اتحاد مجموعة السيليكا مع عنصر أو أكثر. وتعد السيليكات من أكبر مجموعات المعادن، وتنقسم بدورها إلى عدة مجموعات أخرى، أهمها ما يلي:
أ- الفلسبارات : ومنها الفلسبارات البوتاسية مثل الأرثوكليز ومنها الفلسبارات الصودية مثل الألبايت وكذلك الفلسبارات الكلسية مثل الأنورثايت.
ب- الأوليفينات : مثل معدن الأوليفين.
ج- البيروكسينات : مثل الأوجايت.
د- الأمفيبولات : مثل الهورنبلند.

١- لمعادن العنصرية.
٢- الكبريتيدات.
٣- الأملاح الكبيريتية.
٤- الأكاسيد.
٥- الهاليدات.
٦- الكربونات ، النيترات ، البورات.
٧- الكبريتات ، الكرومات.
٨- التنجستات ، المولبدات.
٩- الفوسفات ، الفندات ، الزرنيخات.
١٠- السليكات.

وهذه الطوائف Classes تنقسم فيما بينها إلى مجموعات Groups ثم إلى أنماط Types وهذه تنقسم بدورها إلى أنواع Species وهذه تكون متسلسلات Series وأخيرا قد تنقسم الأنواع إلى أصناف Varities.

المعادن العنصرية: Native Elements

يوجد حوالي عشرون معدنا في الحالة العنصرية وذلك بالإضافة إلى الغازات الجوية. ويمكن تصنيف هذه المعادن العنصرية إلى مجموعتين: (١) الفلزات ، (٢) اللافلزات ؛ وتوجد مجموعة ثالثة تضم أشباه الفلزات. أما المعادن الفلزية فتشمل الذهب والفضة والنحاس والبلاتين والحديد والزئبق والرصاص والباللديوم والإريديوم والأوزميوم والنانتالوم والقصدير. أما المعادن العصنرية شبه الفلزية فتشمل الزرنيخ والأنتيمون والبزموت وهذه تكون مجموعة بمفردها ، إذ أن بلوراتها المعينية الأوجه تتقارب جدا في قيمة زواياها بين الوجهية. أما أهم المعادن العنصرية اللافلزية فهي الكربون بشكليه الألماس والجرافيت ، والكبريت والسيلينوم والثيلوريوم ؛ وسوف نصف المعادن التالي:

المعادن العنصرية الفلزية: Native metals

الذهب (Au) ، المكعب.
الفضة (Ag) ، المكعب.
النحاس (Cu) ، المكعب.
البلاتين (Pt) ، المكعب.

المعادن العنصرية اللافلزية: Native Nonmetals

الكبريت (S) ، المعيني القائم والميل الواحد.
الألماس (C) ، المكعب.
الجرافيت (C) ، السداسي.

المعادن العنصرية الفلزية :

تضم معادن الذهب والفضة والنحاس والبلاتين.

الذهب (Au) :

يتبلور الذهب في فصيلة المكعب ، النظام الكامل التماثل (سداسي الثماني الأوجه Hexoctahedral) . والشكل الغالب على البلورات هو ثماني الأوجه. وقد تكون البلورات في هيئة مفلطحة أو شجرية متشابكة. ويوجد المعدن غالبا في هيئة صفائح غير منتظمة الشكل أو قشور أو كتل. الصلادة = ٢,٥ – ٣ ، الوزن النوعي = ١٥,٦ – ١٩,٣. قابل للسحب والطرق. ولا يوجد انفصام ومكسره مسنن. اللون أصفر ذهبي فاقع أو فاتح تبعا لكمية الفضة المختلطة مع المعدن.



يتركب المعدن كيميائيا من عنصر الذهب ولو أنه غالبا يحتوي على كميات متفاوتة من الفضة (قد تصل إلى ٤٠%) ، وكذلك يحتوي على الحديد والرصاص والبزموت .. الخ. ويعرف الذهب الذي يحتوي على كميات عالية من الفضة (من ٢٠ إلى ٤٠%) باسم الاليكتروم. ينصهر المعدن بسهولة. درجة الانصهار ١٠٦٣°م) ولا يذوب في الأحماض المختلفة ولكنه يذوب في الماء الملكي (مخلوط حمضي الهيدروكلوكري والنيتريك).

يتميز المعدن عن بعض المعادن الكبريتيدية المشابهة (البيريت والكالكوبيريت) وعن الميكا الصفائحية ذات البريق الأصفر بواسطة قابليته للطرق ووزنه النوعي العالي وعدم قابليته للذوبان في الأحماض . الذهب ولو أنه عنصر نادر إلا أنه يوجد منتشار في الطبيعة بكميات ضئيلة. ويوجد الذهب في الطبيعة على حالتين:

(١) في موضعه (رواسب أولية) .
(٢) في التجمعات (رواسب منقولة).

أما الرواسب الموضعية (الأولية) فتشمل الوجود في عروق مائية حارة – أهمها العالية الحرارة ولو أنه يوجد في الأنواع الأخرى – ذات اصل ناري حمضي. ويوجد مصاحبا الذهب في هذه العروق معدن البيريت بصفة شائعة . وكذلك توجد معادن أخرى تشمل كالكوبيريت جالنيا ، ستبنيت ، تتراهيدريت ، سفاليريت ، أرسينوبيريت ، تورمالين ، مولبندنيت ، وبعض هذه المعادن قد يحتوي على الذهب الذي يوجد مختلطا بها وليس في حالة اتحاد كيميائي. وتتحل هذه المعادن بسهولة عند تعرضها للعوامل الجوية على السطح الأمر الذي يؤدي إلى انطلاق الذهب وتجمعه في الرواسب السطحية الناتجة من التحلل والتفتت وبذلك يسهل استخلاصه. والذهب الموجود في العروق المختلفة يكون في هيئة دقيقة جدا لا يرى بالعين المجردة ولكن مثل هذا الذهب يمكن استخلاصه بواسطة الطرق الكيميائية ، والصخر الذي يحتوي على ذهب قيمته حوالي ٤٥ قرشا في الطن الواحد يمكن استغلاله اقتصادية. فاذا علمنا أن قيمة الذهب في الوقت الحاضر حوالي ٥٠ جنيها فإن نسبة الذهب الموجودة في الطن من الصخر تقدر بأقل من ٠,٠٠١%.

وعندما تتحلل العروق الحاملة للذهب بالعوامل الجوية وتتفتت فإن الذهب ينطلق إلى الرواسب السطحية ، وقد يبقى في التربة الموضعية بالقرب من مصدره أو ينتقل بواسطة السيول والأنهار ليترسب على شواطئها مكونا التجمعات النهرية. ونظرا لوزنه النوعي العالي فإن الذهب ينفصل عن المعادن الحقيقية الأخرى المكونة للرمال والحصى. وينتج عن ذلك أن يتجمع الذهب ويتركز عند النتوؤات التي تعترض مجرى النهر أو السيل أو في الفجوات في قاع مجرى النهر. وتتكون بذلك رواسب الذهب المعروفة باسم التجمعات. ويوجد الذهب في هذه الرواسب في هيئة حبيبات مستديرة أو مفلطحة. أما الذهب الناعم جدا فإنه قد ينتقل مسافات طويلة بواسطة الأنهار ، ويستخلص التراب المحتوي على الذهب في الماء الجاري فيترسب الذهب في القاع بسرعة في حين تظهر الأتربة والمعادن الخفيفة على السطح أو تكون معلقة وتفصل عن الذهب.

في مصر فيعتبر الذهب أكثر المعادن انتشارا في الصحراء الشرقية حيث يوجد في حوالي ٥٠ منطقة ، وقد فتح قدماء المصريين المناجم في معظمها واستخلصوا منها الذهب إلى درجة كبيرة.

ويمكن تقسيم هذه الأماكن حسب مكان وجودها في الصحراء الشرقية إلى ثلاثة أقسام هي:

(١) الجزء الشمالي الأوسط: ويشكل مناجم مختلفة وأهمها أبوجريدة وسمنة وعطا الله وأم عش والفواخير ، وهذه يمكن الوصول إليها من النيل عن طريق قنا – القصير.

(٢) الجزء المتوسط الأوسط: ويشمل مناجم أبو دبا وزيدان وكريم وأم الروس.

(٣) الجزء الجنوبي الأوسط: ويشمل مناجم البرامية والدنجاش وحمش وحنجلية والسكرية وعتود وكردومان. وهذه يمكن الوصول إليها عن طريق ادفوا – مرسى علم ، والأربعة الأخيرة قريبة من البحر الأحمر.

ويستخلص الذهب من العروق الحاملة له بتكسير وطحن الصخر أولا في الطواحين المختلفة ، ثم تمرير المسحوق المطحون في تيار ماء على ألواح من النحاس المغطاة بالزئبق ، فيلتقط الأخير الذهب ويكون معه ملغم ، ويمكن فصل الذهب منه بالتقطير. أما إذا كان الخام يحتوي على كميات كبيرة من معادن الكبريتديات

فنستعمل طرق الكلورين أو السيانيد لاستخلاص الذهب. وفي الطريقة الأولى يحمص الخام ثم يتفاعل مه غاز الكلور الذي يكون مع مركب الذهب قابل للذوبان. أنا في طريقة السيانيد فإن الخام المطحون يعالج بمحاليل سيانيد الصوديوم أو البوتاسيوم وينتج عن هذا التفاعل تكوين سينايند الذهب المزدوج الذي يذوب في الماء. وفي كلتا هاتين الحالتين يستخلص الذهب من المحلول إما بواسطة التحليل الكهربائي أو بواسطة تراب الزنك.

يستعمل الذهب بكميات كبيرة في صناعة الحلي والعملات الذهبية وتستنفد صناعة الأسنان وبعض الأجهزة العلمية كميات صغيرة.



الذهب في مصر:



يتركز إنتاج الذهب في مصر في ثلاثة مواقع بالصحراء الشرقية هي **جبل السكري ومنطقة حمش ووادى العلاقي**، فيما تقول تقارير الهيئة المصرية العامة للثروة المعدنية التابعة لوزارة البترول والثروة المعدنية إن إنتاج الذهب في البلاد يعود إلى عهد الفراعنة وأن عدد مناجم الذهب القديمة يبلغ ١٢٠ منجما هي أيضا في الصحراء الشرقية. ومن أهم مناجم الذهب : **عتود والسكرى والبرامية وأم الروس وعطا الله**.





منجم السكري :

إن منجم السكري هو أول منجم للذهب في مصر يعتمد في الاستخراج علي الذهب الموجود بنسبة تتراوح بين نصف الي٣ جرامات في كل طن من الصخر وأن عمليات تنمية منجم السكري تقدم بقوة، حيث ارتفع حجم الاحتياطي من ٣,٥ مليون أوقية عام ٢٠٠٣ الي نحو ١٤,٥ مليون أوقية حاليا بقيمة تزيد عن ٢٠ مليار دولار، مع إمكان أن يزداد حجم الاحتياطي باستمرار عمليات البحث، ومن المقرر استمرار الانتاج خلال ٣٠عاما، الأمر الذي يصنف منجم السكري كما يضيف ضمن أكبر ٢٠ منجما للذهب علي مستوي العالم، وتقدر الاستثمارات الكلية للمشروع بنحو ٤٥٠ مليون دولار، وجار حاليا تنفيذ برنامج البحث الجيولوجي في الجبل بهدف اكتشاف المزيد من الصخور الحاملة للذهب.

هناك ألف عامل مباشر بجانب ألف عامل آخر غير مباشر يعملون في الموقع. لقد تمكنوا من حفر نفق بطول ٢ كيلو متر في قلب الجبل الذهبي العملاق. كما تمكنوا من إنشاء مصنع لاستخراج الذهب علي أحدث أساليب تكنولوجية. ولقد تم انتاج أول سبيكة ذهبية في يونيو ٢٠٠٩ وزنها ٢٠ كيلوجراما.. وبدأ الإنتاج التجاري في يناير ٢٠١٠ بمعدل ٢٠٠ ألف أوقية في السنة، وقد بلغ الانتاج حتي نهاية ابريل ٢٠١١ نحو٧ أطنان من الذهب والفضة بعد توقف دام٥ عاما وجار استكمال تنفيذ التوسعات لزيادة الانتاج الي٥٠٠ ألف أوقية في العام مع نهاية ٢٠١٢.

ويقع في منطقة جبل السكري علي مسافة ٣٠ كيلو مترا جنوب مدينة مرسي علم بالصحراء الشرقية. وتستغل المنجم شركة مشتركة بين الهيئة المصرية للثروة المعدنية والشركة الفرعونية لمناجم الذهب الأسترالية (صاحبها مصري).

كانت الحكومة قد دخلت مجال استخراج الذهب من منجم السكري عام ١٩٣٨ م وسمي المنجم في ذلك الحين بمنجم الذهب الحكومي، واستمرت عمليات استخراج الذهب منه حتي عام ١٩٥٠ م عندما ظهرت بعض المشاكل الفنية وزادت تكاليف الاستخراج علي سعر البيع، الأمر الذي ادي إلي توقف هذا النشاط مع بداية عام ١٩٥٢ م.

ولم يكن نشاط استخراج الذهب مقصورا علي النشاط الحكومي في منطقة السكري وما حولها فقط، فمنذ بداية القرن العشرين وبالتحديد في ٧/١١/١٩٠٣ م تم منح شركة مصرية تسمي شركة الاستكشاف المصرية عقدا لاستغلال منجم الذهب بمنطقة أم الروس علي ساحل [البحر الأحمر] شمال مرسي علم، بينما قامت شركة تسمي وادي النيل المتحدة عام ١٩٠٥ م بانتاج الذهب من منجم أم قريات وحيمور بوادي العلاقي شرق أسوان، كما منحت شركة أخري تسمي شركة مصر والسودان للتعدين امتيازا لمنطقة البرامية ودنقاش عام [١٩٠٦] م. وقد استمر انتاج الذهب متقطعا وعلي فترات من منطقة البرامية، ومن منطقة السد ووادي الحمامات وسط الصحراء الشرقية بواسطة شركات أجنبية أحيانا ومصرية أحيانا اخري إلي أن توقف نهائيا عام ١٩٥٤ م كما سبق القول. استمر توقف انتاج الذهب حتي بداية عصر الانفتاح في أوائل السبعينيات من القرن الماضي، حيث صدرت أحكام مجلس الدولة بضرورة فتح المجال للمصريين للاستثمار في مجال التعدين عامة، وأصدرت السلطة المختصة تراخيص للبحث عن الذهب لمستثمر مصري في منطقة عتود غرب مرسي علم، إلا أن هذا المستثمر لم يستمر وانهي عقد استغلاله.

منجم حمش :

تشغل المنجم شركة حمش لمناجم الذهب، وهي شركة مشتركة بين هيئة الثروة المعدنية وشركة ماتز القبرصية ويملكها مستثمرون سودانيون ولهم شريك سويسري. ويرأسها الجيولوجي أحمد عبده ممثلا عن وزارة البترول والثروة المعدنية، كما أن جميع عمليات الشركة تتم من خلال نظام متابعة ولا يمكن أن يتم تهريب أو حدوث تجاوزات، وتخضع عملياتها لجهاز المحاسبات وفريق اشراف من هيئة الثروة المعدنية..

ويتم بيع المنتج من خلال لجنة تضم ممثلي جميع الجهات المعنية.. إلا أن الشركة تنتج الذهب بطريقة رش الكومة وهي طريقة بدائية مما يفسر ضعف انتاجها.

تم توقيع الاتفاقية لانتاج سبيكة الذهب من مناطق حمش بطريقة الكومة، عام ١٩٩٩ وصادف نشاطها الرضاء لبعض الوقت وأعلن الكشف التجاري للذهب بطريقة أو أخري وشكلت لها شركة للعمليات حسب نصوص الاتفاقية في٢٠٠٢/٣/٢٥ وجهزت احد المواقع المرخص لها بها واستخلصت منه ركاز الذهب الذي مكنها من انتاج سبيكة منه حسبما اعلن بالصحف وزنها٨٣ جراما واصبح علي هذه الشركة أن تبدأ الانتاج المنتظم المستمر من الذهب بكميات تجارية نأمل في ان تعلن عنها وعن حجمها في وقت قريب وأن تعلن عن احتياطياتها من هذا الذهب والمواقع التي يتم استخراجه منها.

وكنتيجة لجهود هيئة المساحة الجيولوجية في تقييم وجود الذهب في الصحراء الشرقية منذ بداية سياسة الانفتاح الاقتصادي منذ السبعينيات ومناخ التشجيع في ظل اشراف وزير البترول علي الثروة المعدنية منحت حق البحث والاستغلال إلي احدي الشركات للبحث عن الذهب بوادي العلاقي شرق اسوان، كما تم الاعلان عن فتح مناطق جديدة للاستثمار منها ثماني مناطق هي مناطق ام بلد ووادي قطيرة وابومروات والفواخير ووادي كريم ودنقاش والحوضين والعوينات، وفيما عدا منطقة العوينات، فجميع هذه المناطق يتوافر بها شواهد مؤكدة لوجود الذهب حيث سبق للفراعنة القدماء وبعض الشركات في القرن التاسع عشر والقرن العشرين العمل لاستخراج الذهب منها في فترة من الفترات، ولايوجد موقع جديد لم يمسه احد من قبل إلا منطقة العوينات التي يوجد بها الذهب في الحديد الشرائط القديم المماثل لحديد وسط الصحراء الشرقية.

وفي الوقت الحالي تقوم شركة حمش مصر لمناجم الذهب باستغلال المنجم وتعمل في منطقة امتيازها بالصحراء الشرقية علي بعد ١٦٠ كيلو مترات جنوب غرب مدينة مرسي علم، وقد نجحت الشركة في انتاج أول سبيكة تجريبية في ابريل الماضي ٢٠٠٧ وهي أول سبيكة تنتج من منجم مصري بعد توقف ٥٠ عاما. وفى شهر نوفمبر ٢٠٠٨ قامت بإنتاج أول سبيكة وزنها ٦,٥ كجم.

وادي العلاقى:

أما المنطقة الثالثة فهي منطقة وادي العلاقي، وتقع على بعد ٢٥٠ كيلو متر جنوب شرق مدينة أسوان، جنوب مصر، وتقوم بالتنقيب عن الذهب في هذه المنطقة شركة جيبسلاند الإسترالية، ومازالت في مرحلة الاستكشاف.

تقوم شركة جيبسلاند الاسترالية بالبحث عن الذهب و النحاس واستغلالهما بمنطقة وادى العلاقى. بدأت أعمال البحث والاستكشاف فى أكتوبر ٢٠٠٤ وكانت نتائج الاستكشاف مشجعة للغاية فى مناطق سيجا و أم شاشوبة و حايمور حيث أعلنت الشركة اكتشاف الذهب بكميات اقتصادية و بمعدلات تركيز مرتفعة تتراوح من ٢ الى ٤ جرام فى الطن و جار حاليا تأكيد مزيد من الاحتياطيات من خلال ٥ بعثات للاستكشاف لعمل الدراسات الجيولوجية و قيام جهازى حفر بحفر الآبار العميقة لأول مرة فى تاريخ منطقة وادى العلاقى.

مستقبل انتاج الذهب فى مصر:

وهناك بالفعل ثلاث شركات تعمل في مجال التنفيب عن الذهب منهما شركتان قاربت على انتاج أول سبيكة للذهب وهما شركتى الفرعونية بمنطقة السكرى وشركة حمش بمنطقة حمش اما الشركة الثالثة فهى شركة جيبسلاند الاسترالاية وتعمل بمنطقة العلاقى بالقرب من اسوان وهى في طور الاستكشاف .









الفضة (Ag):

تتبلور الفضة في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثماني الاوجه. البلورات نادرة وغير كاملة ، وتكثر المجموعات الشجرية والمتشابكة ، ويوجد المعدن عادة في هيئة كتل غير منتظمة أو صفائح أو قشور أو في هيئة أسلاك رفيعة أو سميكة. الصلادة = ٢,٥ – ٣ ، الوزن النوعي ١٠,٥ عندما يكون المعدن نقيا ، ١٠– ١٢ إذا كان المعدن غير نقي. المكسر مسنن ، قابل للطرق والسحب ، البريق فلزي. اللون والمخدش لونهما أبيض فضي ، ولكن اللون يكون عادة بنيا أو أسود رصاصيا نتيجة للصدأ. توجد رواسب الفضة بكميات كبيرة في العروق المائية الحارة.

وهناك ثلاثة أنواع من هذه العروق:

(١) عروق تحوي الفضة العنصرية مع الكبريتيدات ومعادن الفضة الأخرى.

(٢) عروق تحوي الفضة مع معادن الكوبالت والنيكل.

(٣) عروق تحوي الفضة مع خام اليورانيوم (يورانيوم UO_2).

وتستخدم الفضة في صناعة المجوهرات والحلي والعملة الفضية ، وكذلك في صناعة بعض الأجهزة الفيزيائية والكيميائية والطبية وأفلام التصوير.



النحاس (Cu) :

يتبلور معدن النحاس في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثماني الأوجه . توجد على البلورات أشكال رباعي السداسي الاوجه وكذلك المكعب والإنثى عشر وجها معينا وثماني الأوجه. المجموعات المتبلورة في هيئة شجرية أو متفرعة وعادة يوجد المعدن في هيئة كتل غير منتظمة أو صفائح أو قشور. وفي بعض الأحيان يوجد في هيئة أسلاك. الصلادة = ٢,٥ – ٣ والوزن النوعي = ٨,٩. قابل للسحب والطرق. المكسر مسنن. اللون أصفر نحاسي على السطح الحديث ولكنه يميل إلى السواد ويصبح العرق مطفي على السطح الصدئ.



يوجد المعدن العنصري بكميات صغيرة في العروق المائية الحارة ويتأكسد المعدن عادة في المناطق السطحية الأكسيدية ، ويوجد معه في هذه الحالة معادن كوبريت (Cu_2O) ، ملاكيت ، أزوريت (كربونات النحاس القاعدية).

على الرغم من انتشار خامات النحاس بمصر إلا أنها لم تصل بعد إلى الاستغلال الإقتصادى . ويتركز تواجد خامات النحاس ولاسيما معدن الملاكيت(Malachite CU2 CO3 OH)٢ فى شبه جزيرة سيناء فى منطقة سرابيط الخادم وفيران وسمره .. كما توجد رواسب النحاس ملازمة لخامات النيكل فى مناطق أبو سويل ووادى حيمور وعكارم وجميعها بالصحراء الشرقية . ومن الجدير بالذكر أن قدماء المصريين قد استغلوا خامات النحاس فى التلوين بصفة أساسية.

تتواجد خامات النحاس فى مصر مختلطة بخامات الزنك والرصاص بمناطق كثيرة جنوب الصحراء الشرقية في محافظة البحر الأحمر وأهم هذة المناطق هى :

منطقة أم سميوكى : و تقع جنوب غرب مدينة مرسي علم بحوالي (١٥٠كم) وإلى الجنوب الغربي من ميناء أبو غصون بحوالي (٩٠ كم) ويتواجد الخام فيها على هيئة عدسات ذات أبعاد متوسطة حيث يوجد في نطاقات القص (Shear Zones) المبلورة بصخور كربونات التلك (Talc Carbonates) القاطعة في صخور الريولايت (Rhyloites) والاانديزايت K(Andesites)

- منطقة أبو سويل : تقع شرق مدينة أسوان ويتواجد الخام فيها على هيئة عدسات ذات أبعاد متوسطة .
- منطقة جابروعكارم : تقع المنطقة في وسط الصحراء الشرقية ، علي بعد (١٣٠ كم) شرق اسوان و(٢٤ كم) جنوب جبل حمر عكارم ، ويتواجد خام النحاس في صخور البريدوتيت المتمعدن (Predotite) .
- منطقة السمرا والرقيطة ونصب وام زريق وسرابيد الخادم : بجنوب سيناء .

يستخدم النحاس بكميات كبيرة في الصناعة فتستهلك كميات كبيرة منه في صناعة الأسلاك النحاسية والمسامير والصفائح النحاسية والنحاس الأصفر والبرونز والأجهزة اللاسلكية والكهربائية والذخائر الحربية. وكذلك في صناعة العملة والأغراض الكيميائية ، ويقال أنه يوجد أكثر من ٦٠٠ إستعمالا مختلفا لا غنى للنحاس عنها.

يعد النحاس أحد أهم المعادن الفلزية (مجموعة معادن الأساس) التي خضعت لأعمال الاستغلال في منطقة الشرق الأوسط قبل ستة آلاف عام، وعلى سبيل المثال منجم تيمنا الذي يقع بين العقبة والبحر الميت يمثل أحد أقدم مواقع العالم الذي تم صهر النحاس منه.



الملاكيت في وادي يبا كمثال لأحد مواقع النحاس والذي تغطي فيه طبقات من معادن كربونات النحاس الثانوية والتي كانت ألوانها علامة استرشاديه للعاملين في مجالات التنقيب عن تمعدن النحاس سلفاً.

إن تمعدن النحاس من أوسع المعادن انتشاراً في الوحدات الصخرية المنتمية لحقب ما قبل الكمبري بالدرع العربي. وقد تم استكشاف العديد من مكامن النحاس والتي تحتوي على احتياطيات كبيرة من فلز النحاس. ويمثل جبل صايد أحد أهم مناجم النحاس المكتشفة في المملكة وهو منجم تحت سطحي يحتوي على احتياطي مؤكد يصل إلى ٩٩ مليون طن من خام النحاس بنسبه ٢,٦٨٪ من فلز النحاس.

إن معدن النحاس هو أهم الفلزات المنتشرة في الدرع العربي، وقد دلت آثار المناجم القديمة ومواقع صهر النحاس الكثيرة في صحارى الدرع العربي كثافة في استخلاص فلز النحاس قديماً.



حفر في ممكن النحاس بوادي يبا: وهو أحد تواجدات النحاس التي تم اكتشافها بواسطة هيئه المساحة الجيولوجية السعودية.



صورة توضح موقع جبل صايد من الشرق – للغرب (من اليمين – الشمال) يوضح الأعمال الاستكشافية على السطح وعمليات غسيل واستخلاص الخام .



الجوسان الرئيسي (في الخلفية) وأيضاً الجوسان الشرقي (يوجد في المقدمة).



الأعمال القديمة البارزة على السطح في الجزء الشمالي من الجوسان الرئيسي، لاحظ أنه يتكون من الحديد ومعادن النحاس الثانوية (الملاكيت والكريزوكولا) مالئاً للتشققات.





حفرة من الأعمال القديمة في منطقة أم الدمار جنوب، تظهر جانباً من أشكال رواسب النحاس على طول نطاق التشق.

البلاتين (Pt):

يتبلور معدن البلاتين في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثماني الأوجه. البلورات مكعبة ولكنها نادرة ، يوجد المعدن غالبا في هيئة قشور أو حبيبات أو كتل غير منتظمة. الصلادة = ٤ – ٤,٥ (تعتبر عالية بالنسبة لفلز). الوزن النوعي = ٢١,٤ عندما يكون نقيا ، ولكن عادة يتراوح بين ١٤ – ١٩ لوجود شوائب. معتم قابل للطرق والسحب. اللون أبيض فضي أو رصاصي. بريق ناصع ، ربما يكون مغناطيسيا إذا كان يحتوي على كمية كبيرة من الحديد.

التركيب الكيميائي: عنصر البلاتين ، ولكنه عادة يحتوي على الحديد (تبلغ نسبته ١٩,٥%) وكميات بسيطة من الإريديوم والروديوم والاوزميوم والنحاس وفي بعض الأحيان الذهب.



يوجد البلاتين في معظم الحالات في الهيئة العنصرية إذ لا يوجد غير معدن واحد نادر الوجود (سبيريليت Sperryliter) يتركب من البلاتين والزرنيخ. ويوجد البلاتين في الرواسب الأولية في الصخور فوق القاعدية وخصوصا صخر الدونيت Dunite حيث يوجد مع معادن الأوليفين والكروميت والبيروكسي والماجنتيت. ولكن المعدن يوجد بكميات اقتصادية في الرواسب الثانوية المعروفة باسم رواسب التجمعات الناتجة من تفتت وتحلل الصخور الأولية الحاملة للبلاتين والتي تتجمع بالقرب من مصادرها (البلاتين وزنه النوعي كبير). ومن أمثلة رواسب التجمعات الرواسب الموجودة في كولومبيا بجنون أمريكا ، والاتحاد السوفييتي (جبال الأورال) ، وكندا (التي تعتبر أكبر منتج لهذا المعدن الآن).

يستعمل البلاتين بكميات كبيرة كعامل مساعد في صناعة أحماض الكبريتيك والخليك والنيتريك. وكذلك في صناعة الأجهزة الكيميائية والفيزيائية والكهربائية وفي صناعة المجوهرات والأسنان والساعات غير المغناطيسية وأدوات الجراحة.

المعادن العنصرية اللافلزية:

تضم هذه المجموعة معادن الكبريت والألماس والجرافيت وكلها معادن ذات قيمة كبيرة في التجارة والصناعة.

الكبريت (S):

يتبلور الكبريت في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس. البلورات في هيئة هرمية ، يوجد عادة في هيئة كتلية غير منتظمة وكذلك في مجموعات كبوسة ، استلاكتيتية ، ترابية.

ويوجد الكبريت في ثلاثة أشكال بلورية: النوع الشائع الموجود في الطبيعة هو المعيني القائم ، أما الشكلان الآخرن فيتبعان فصيلة الميل الواحد ونيدر وجودهما كمعادن. الصلادة = ١,٥ – ٢,٥. الوزن النوعي = ٢,٠٥ – ٢,٠٩. المكسر محاري أو غير مستو. قابل للكسر. البريق صمغي أو راتنجي. اللون أصفر كبريتي ولكنه قد يكون أصفر مائلا إلى الخضرة أو الرمادي أو الأحمر حسب الشوائب الموجودة. شفاف إلى نصف شفاف. موصل ردئ للحرارة حتى إذا أمسكنا البلورة باليد وقربناها من الأذن فإنا نسمع فرقعة ، نتيجة لتمدد السطح الخارجي للبلورة الذي سخن باليد بينما الجزء الداخلي – نتيجة للتوصيل الردئ للحرارة – لا يزال باردا ولم يتأثر.

التركيب الكيميائي : عبارة عن عنصر الكبريت ، ولكن قد توجد شوائب من مواد طينية وأسفلتية. وقد تحتوي بعض أصناف الكبريت على عنصر السيلنيوم.

الكبريت سهل الانصهار ، درجة الانصهار ١ (١١٢,٧°م) ويحترق المعدن بلهب أزرق وينتج غاز ثاني أكسيد الكبريت. غير قابل للذوبان في الماء أو الأحماض ولكنه يذوب في ثاني كبريتيد الكربون. يتميز المعدن بلونه الأصفر وسهولة احتراقه. نظرا لعدم وجود انفصام به فإنه يتميز بسهولة عن معدن أوربيمنت (كبريتيد الزرنيخيك).



يوجد الكبريت بكميات كبيرة في الصخور الرسوبية وينتج عادة من اختزال المعادن الكيميائية مثل الجبس. ويوجد المعدن مختلطا مع معادن سلستيت والجبس وأراجونيت وكالسيت ، كما توجد رواسب الكبريت حول فوهات البراكين حيث ترسب المعدن من الغازات المتسامية والصاعدة من المداخن البركانية. وقد يوجد الكبريت نتيجة لنشاط البكتريا الكبريتية. أهم مناطق إنتاج الكبريت هي ولايات لويزيانا وتكساس بأمريكا.

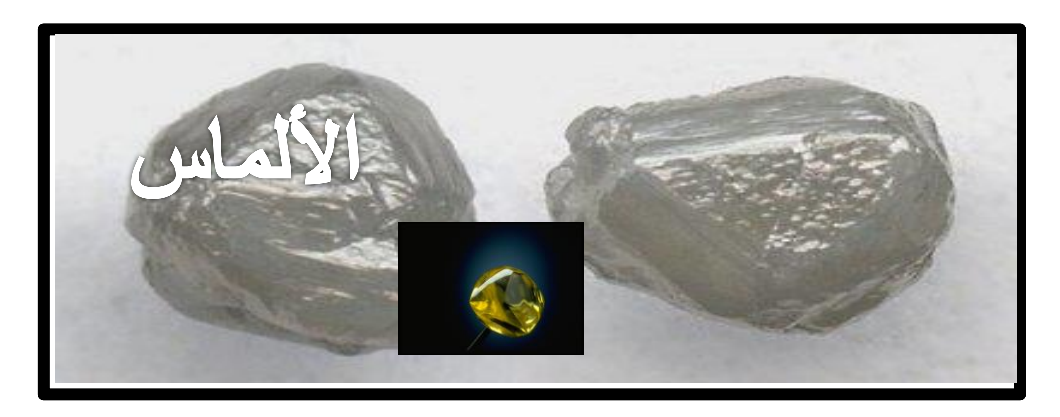
ويستخرج الكبريت من هذه الرواسب بطريقة براش Frash method ، حيث يدفع الماء فوق الساخن Superheated (درجة ١٦٠°م تقريبا) والهواء المضغوط إلى طبقات الكبريت بواسطة الأنابيب فينصهر الكبريت ويسحب إلى السطح ثم يترك ليبرد ويتجمد في أحواض خاصة. وتبلغ درجة نقاوة الكبريت الناتج ٩٩,٥% .

توجد رواسب الكبريت في مصر مختلطة مع رواسب الجبس والأنهيدريت التابعة لعصر الميوسين والمنتشرة على طول ساحل البحر الاحمر ، وأهم هذه المناطق هي جبل الزيت ومنطقة جمسة في الجزء الشمالي من الصحراء الشرقية بالقرب من الغردقة ، ومنطقة رنجة في الجزء الجنوبي من الصحراء الشرقية. وفي كلتا المنطقتين يوجد المعدن في كتل عدسية الشكل أو شريطية في هيئة بلورات صغيرة أو مجموعات بلورية عنقودية أو ككتل.

يستخدم الكبريت في صناعة حامض الكبريتيك والثقاب ومسحوق البارود والأسمدة الكيميائية والكاوتشوك وفي الأغراض الطبية والأسمنت والعوازل الحرارية والكهربائية وتبييض الحرير والقش والمواد الصوفية وكذلك في عمليات تحضير لب الخشب اللازم لصناعة الورق.

الألماس (C):

يتبلور الألماس في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثماني الأوجه. البلورات وفي العادة ثمانية الأوجه ولكن توجد بلورات كثيرة مفلطحة أو طويلة الهيئة. بعض الأوجه البلورية قد تكون منحنية أو ذات حفر. يندر وجوده في هيئة كتلية. بعض البلورات توأمية (قانون سبينيل). الصلادة = ١٠ (أصلد مادة معروفة). الوزن النوعي = ٣,٥. انفصام كامل {١١١} ، {١١١̅}. البريق ألماسي ولكن البلورات غير المصقولة لها بريق شحمي مميز. وتعزى الألوان النارية التي تميز الألماس وتجعل منه حجرا كريما إلى معامل انكساره العالي ٢,٤٢ وإلى خاصية التفرق الضوئي القوية Strong dispersion. اللون عادة أصفر باهت أو شفاف ، ولكن يوجد بعض البلورات لها ألوان باهتة إما حمراء أو برتقالية أو خضراء أو زرقاء أو بنية. ويطلق اسم "كبرونادو" Carbonado أو "الكربون" على النوع الأسود الحبيبي الخشن السطح (يستعمل في الصناعة). التركيب الكيميائي عبارة عن عنصر الكربون النقي. لا يذوب المعدن في الأحماض أو القلويات. ولكن عند درجات الحرارة العالية وبوجود الأكسجين يحترق المعدن إلى غاز ثاني أكسيد الكربون دون أن يترك أي رماد. ويتميز الألماس عن المعادن المشابهة له بصلادته العالية وبريقه الألماسي والانفصام الكامل.



يوجد الألماس في الطبيعة في الرمال والحصى المكونة للطبقات والشواطئ النهرية حيث يقاوم المعدن عوامل التحلل والتفتت. ويوجد الألماس أيضا في أحد أنواع الصخور فوق القاعدية (البيريدوتيت) المعروف باسم كمبرليت Kimberlitre (نسبة إلى كمبرلي في جنوب أفريقيا).

يستخلص الألماس من الرمال والحصى وكذلك من الصخور التي يوجد بها بعد تكسيرها بواسطة الغسيل ، فترسب المعادن الثقيلة ومن بينها الألماس وتفرز باليد ، ولكن حاليا تستخدم ألواح مطلية بالشحم بمرر عليها الماء المعلق به المعادن المختلفة فتلتقط الألواح المشحمة الألماس نظرا لخاصيته الكبيرة في الالتصاق بالشحم دون سائر المعادن الأخرى.

يستعمل الألماس إما في :

(١) الصناعة .

(٢) المجوهرات.

أما الألماس المستخدم في الصناعة فغالبا ما يكون ملونا ومليئات بالفواصل ومناطق الضعف وبعض الشوائب ولا يصلح في صناعة المجوهرات. وتستعمل القطع الكبيرة من هذا النوع في قطع الزجاج ، أما القطع الصغيرة فتستخدم في طحن وصقل الألماس وغيرها من الأحجار الكريمة الأخرى. كما تستخدم آلات قطع الصخور وثقبها كميات من هذا النوع.

أما النوع المستعمل في المجوهرات فهو الذي يتميز بخواص شفافية اللون ، وخلوه من الكسور ، وتفرق اللون وانكساره به عالي ، لدرجة أن ألوان الطيف ترى في الألماسة كوهج النار. وتبدو هذه البلورات الكريمة عادة بيضاء بزرقة خفيفة. أما وجود لون القش الأصفر في بعض الألماسات فإنه يقلل من قيمتها. أما الألماسات ذات الألوان العميقة من الأصفر أو الأحمر أو الأخضر أو الأزرق فإن قيمتها كبيرة جدا. وتتوقف قيمة الجوهرة الألماسية على لونها ودرجة نقاوتها وحجمها والمهارة ونوع الأوجه التي صقلت على سطحها.

وصقل الأوجه الصناعية على جواهر الألماس فن يحتاج إلى مهارة وخبرة كبيرة لنظرا لأن قيمة الألماسة تتوقف على أنواع هذه الأوجه ودرجة إنعكاسها وكسرها لأشعة الضوء وإنتاج البريق المتوهج. وهناك أسماء كثيرة للأنواع المختلفة من الألماسات المقطوعة ، منها المربع والمركيز والمثلث والترابيز والخماسي ونصف

القمر. وتعتبر مدينة أنتفيرين Antwerpen (أنتفرب ، أنفرس) ببلجيكا المركز العالمي في الوقت الحاضر لصناعة الألماس حيث يشتغل في هذه الصناعة حوالي ٢٠,٠٠٠ عامل (أي ما يساوي ثلثي عمال الألماس في العالم).

الجرافيت (C):

يتبلور الجرافيت في فصيلة السداسي. نظام الهرم المنعكس السداسي المزدوج البلورات مفلطحة أو صفائحية والأوجه التابعة للسطوح القاعدي ظاهرة ويندر وجود أية أوجه بلورية أخرى ، غالبا في هيئة قشور أو حبيبات ، الصلادة = ١ – ٢ (يترك أثرا أسود على الأصبع أو الورقة البيضاء). الوزن النوعي = ٢,٢ ، انفصام كامل موازي للسطوح القاعدي {١٠٠٠} ، البريق فلزي وفي بعض الأحيان أرضي معتم. اللون أسود إلى رصاصي فاتح. المخدش أسود. الملمس شحمي. قابلة للإنثناء ولكنها ليست مرنة.

التركيب الكيميائي: كربون ، ولكن هناك بعض الأنواع يوجد بها شوائب من أكاسيد الحديد والطين ومعادن أخرى. لا ينصهر الجرافيت ولكنه يحترق في درجات الحرارة العالية ويعطي غاز ثاني أكسيد الكربون ، لا يتأثر المعدن بالأحماض.



يتميز الجرافيت بلونه وصلادته المنخفضة وهيئته الصفائحية. ويفرق بينه وبين معدن المولبدنيت الذي يشبهه في اللون والبريق في أن الجرافيت سالب في تقابلاته الكيميائية أما الموبلدنيت فيعطي أملاح المولبدنوم ، كذلك يعطي مخدشا يميل إلى الخضرة.

يوجد الجرافيت عادة في الصخور المتحولة مثل الصخر الجيري المتبلور والشست والنيس. وقد يوجد في هيئة كتل مركزة أو قشور منتشر في الصخر ولكنها تكون جزئا كبيرا منه ، وقد ينتج هذا الجرافيت من تحول عنصر الكربون أثناء عمليات التحول. وقد ينتج الجرافيت نتيجة التحول الحراري الشديد لرواسب الفحم. وكذلك قد

يوجد الجرافيت في بعض العروق المائية الحارة ومصدره في هذه الحالة الصخور المتحولة على جانبي العرق. وتحتوي أنواع قليلة من الصخور النارية على معدن الجرافيت ، وقد وجد المعدن أيضا في بعض الشهب.

وفي مصر يوجد الجرافيت في صخور الشست المعروفة باسم الشست الجرافيتي في هيئة كتل عدسية الشكل في الصخور المتحولة التابعة لحثب البريكامبري. وأهم هذه المناطق هي: (١) وادي أم غيج (منطقة وادي سترا) ، (٢) وادي المياه (منطقة بنت أبو جوريا) ، (٣) وادي حمش ، وكلها بالصحراء الشرقية.

يستخدم الجرافيت في صناعة البوتقات الحرارية المستعملة في صناعة الصلب والنحاس الأصفر والبرونز. وكذلك يستعمل المعدن في طلاء أفران المطابخ وبطانات أفران الصهر وصناعة أقلام الرصاص والبويات والشحومات والأقطاب الكهربائية.

المعادن الكبريتيدية:

تعتبر هذه المجموعة من أهم المجموعات المعدنية إذ أنها تضم أغلب الخامات المعدنية ، وتشمل المعادن التالية:

المعدن
أرجنتيت - Argenite مكعب Ag2S
كالكوسيت – Chalcocite معيني قائم Cu2s
بورنيت – Bornite مكعب Cu2FeS4
جالينا – Galena مكعب PbS
سفاليريت – Sphalerite مكعب ZnS
كالكوبيريت – Chalopyrite رباعي CuFeS2
بيروتيت – Pyrrhotite سداسي FeS
سنبار – Cinnabar سداسي HgS
ريالجار – Realgar الميل الواحد AsS
أوربيمنت – Orpiment الميل الواحد As2S8
ستبنيت – Stibnite معيني قائم Sb2S8
بيريت – Pyrite مكعب FeS2
مركزيت – Marcasite معيني قائم FeS2
أرسينوبيريت – Arsenopyrite الميل الواحد FeAsS
موليبدينيت – Molybdenite سداسي MoS2

تتميز هذه الكبريتيدات بصفة عامة بالخواص الآتية: ثقيلة الوزن ، معتمة لها مخدش أسود أو ملون ، معظمها له بريق فلوي ، وتوجد في الطبيعة مصاحبة لبعضها البعض في العروق المائية الحارة وفي رواسب الإحلال.

أرجنتيت (Ag2S):

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثماني الأوجه. مجموعات البلورات في هيئة متفرعة أو متشابكة. يوجد المعدن غالبا في هيئة كتلثية. الصلادة = ٢ – ٢,٥ ، الوزن النوعي = ٧,٣. قابل للتقشير والقطع بالسكين مثل فلز الرصاص. البريق فلزي . اللون والمخدس رصاصي أسود ، المخدش لامع. المعدن معتم لونه ناصع ولكنه يتحول إلى أسود نتيجة لتكوين الكبريتيد الترابي.

التركيب الكيميائية: كبريتيد الفضة (Ag_2S، 87.1% فضة ، ١٢,٩% كبريت).

يوجد الأرجنتيت كمعدن أولي في العروق المائية الحارة مجتمعا مع الفضة العنصرية والمعادن الفضية الأخرى والجالينا وسفاليريت. وقد يوجد المعدن داخل الجالينا الفضية في هيئة دقائق مجهرية. يعتبر معدن أرجنتيت خاما هاما للفضة ، ويوجد في مناجم الفضة في المكسيك وبيرو وشيلي وبوليفيا.



كالكوسيت (Cu_2S):

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم. نظام الهرم المنعكس (إذا تبلور المعدن في درجة حرارة أقل من ٩١°م كانت البلورات معينية قائمة ، أما فوق ٩١°م فالبلورات مكعبية). يندر وجود البلورات التي تكون في العادة صغيرة ذات مظهر سداسي. يوجد غالبا في هيئة دقيقة الحبيبات أو كتلية. الصلادة = ٢,٥ – ٣. الوزن النوعي = ٥,٥ – ٥,٨. المكسر محاري ، البريق فلزي ، اللون رصاصي فاتح على السطح الحديث ولكنه يصدا إلى لون أسود مطفي بالتعرض للجو ، المخدش أسود رمادي. بعض أنواع المعدن صلادتها منخفضة وتوجد في هيئة هباب Sooty.



يوجد المعدن في الرواسب الثانوية النشأة Supergen deposits في المناطق الغنية برواسب الكبريتيدات. وقد يوجد المعدن في بعض الحالات في الرواسب الأولية في العروق المائية الحارة مجتمعا مع معادن كبريتيدية أولية Hypogene أخرى.

يوجد المعدن في عروق النحاس بشبه جزيرة سيناء ، وفي رواسب النحاس بوادي حمش بالصحراء الشرقية.
يستعمل المعدن كخام هام للنحاس.
يشبه هذا المعدن معدنا آخر لونه رصاصي فاتح أيضا اسمه استروميريت Stromeyrite وتركيبه (AgCu2S) ويوجد في العروق الكبريتيدية التي تحتوي على الفضة.



بورنيت (Cu8FeS4) :

يتبلور المعدن في فصيلة المكعبت ، نظام سداسي الثماني الأوجه. يوجد غالبا في هيئة كتلية. الصلادة = ٣. الوزن النوعي = ٥,٠٦ – ٥,٠٨. البريق فلزي . اللون برونزي بني على السطح الحديث ولكنه يصدأ بسرعة ويتحول إلى اللون الأرجواني Purple والأزرق وأخيرا إلى لون أسود تقريبا وذلك عند تعرضه للجو. يتحلل المعدن بسهولة إلى معدني كالكوسيت و كوفيللت (CuS).



معدن البورنتي من المعادن النحاسية الشائعة الوجود. ويوجد مصاحبا معادن النحاس الأخرى في الرواسب الأولية Hypogene. وقليلا ما يوجد في الرواسب الثانوية خصوصا في الأجزاء العليا من العروق حيث تكون غنية بالكبريتيدات النحاسية التي تنتج من تأثير المياه الأرضية (المحتوية على النحاس) على معدن الكالكوبيريت. كما يوجد المعدن منتشرا في هيئة حبيبات دقيقة في الصخور المتحولة بالحرارة وفي الرواسب الإحلالية وفي صخر البجماتيت.

وغالبا ما يكون المعدن مختلط اختلاطا كبيرا بمعادن الكالكوبيريت والكالكوسيت ولا يعتبر البورنيت من نحاية الكمية خاما هاما للنحاس مثل معادن الكالكوسيت والكالكوبيريت. يوجد معدن البورنيت بكميات كبيرة في شيلي وبيرو وبوليفيا والمكسيك. وفي مصر يوجد البورنيت مختلطا مع بعض المعادن النحاسية في عروق الكوارتز الكبريتيدية بوادي حمش بالجزء الجنوبي من الصحراء الشرقية. يستعمل المعدن كخام للنحاس إذا وجد بكميات كبيرة.

جالينا (PbS) :

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب. نظام سداسي الثماني الأوجه ، وأكثر الأشكال انتشارا على البلورات هو المكعب. الصلادة = ٢,٥. الوزن النوعي = ٧,٤ – ٧,٦. الانفصام مكعبي {٠٠١} كامل. البريق فلزي ناصح. اللون والمخدش أشهب رصاصي. التركيب الكيميائي عبارة عن كبريتيد الرصاص. رصاص = ٨٦,٦% ، كبريت = ١٣,٤% ، ويظهر التحليل الكيمياوي دائما وجود الفضة ربما في هيئة أرجنتيت أو تتراهيدريت مختلطة إختلاطا كاملا مع الجالينا. وقد يحتوي معدن الجالينا على كميات ضئيلة من السيلينيوم ، الزنك ،

الكالسيوم ، الأنتيمون ، البزموت ، والنحاس. درجة الانصهار = ٢. يختزل المعدن على مكعب فحم إلى كرات صغيرة من الرصاص مع تكوين راسب دقيق من أكسيد الرصاص ذي اللون الأصفر إلى الأبيض. ويتفاعل المعدن مع حامض الكبريتيك المركز مع تكوين كبريتات الرصاص البيضاء.



يتيمز معدن الجالينا بانفصامه الواضح ووزنه النوعي العالي وصلادته المنخفضة ومخدشه الأسود. يتحلل المعدن بالعوامل الجوية المؤكسدة إلى الكبريتات (أنجليزيت) والكربونات (سيروسيت).



تعتبر الجالينا من المعادن الكبريتيدية الفلزية الشائعة والتي توجد مصاحبة معادن سفاليريت ، مركزيت ، كالكوبيريت ، سيروسيت ، أنجليزيت ، دولوميت ، كالسيت ، كوارتز ، باريت ، فلوريت ، في العروق المائية الحارة. وفي بعض العروق المائية الحارة الأخرى يكون المعدن مختلطا مع معادن الفضة وبذلك يكون خاما رئيسيا للفضة. وقد توجد الجالينا في الصخور الجيرية في هيئة عروق أو مالئة للفراغات المسامية أو نتيجة للاحلال محل الحجر الجيري. ويصحب الاحلال للحجر الجيري وتكون رواسب الجالنيا تغيير كيميائية للحجر الجيري نفسه وتحوله إلى الدولوميت. وقد توجد الجالينا في الصخور المتحولة بالحرارة.


Galena with Fluorite


Galena with Siderite


Galena
Galena and Sphalerite
Sphalerite

وأهم المناطق التي توجد بها الجالينا: توجد الجالينا في مصر مصاحبة معادن الزنك في رواسب الزنك والرصاص الكبريتيدية المنتشرة في الصخور الرسوبية التابعة للفترة المتوسطة من عصر الميوسين والممتدة على شاطئ البحر الأحمر في المناطق التالية:

(١) زوج البهار: ١٠ كم جنوب القصير.
(٢) أم غيج : ٥٠ كم جنوب القصير.
(٣) جبل العنز : ٧٣ كم جنوب القصير.
(٤) جبل الرصاص : ١١٥ كم جنوب القصير.

أما في جبل أم سميوكي بالصحراء الشرقية الجنوبية فتوجد الجالنيا مصاحبة لمعادن سفاليريت وكالكوبيريت في العروق المائية الحارة التي يبلغ طولها حوالي ٢٠٥ مترا ، والقاطعة لصخور المنطقة المكونة من الديابيز والبريشيا. تعتبر الجالينا المصدر الوحيد عمليا لفلز الرصاص ، وخاما هاما بالنسبة للفضة.

ويستعمل الرصاص في صناعة البويات وبعض أنواع الزجاج والمواسير والصفائح وقذائف البنادق والمسدسات والمواد اللاحمة والسبائك. وتستخدم كميات كبيرة من الرصاص في الوقت الحاضر في عمل الدروع الواقية من الاشعاعات الذرية والأشعة السينية. إسم المعدن مشتق من الكلمة اللاتينية "Galens" ومعناها خام الرصاص.

سفاليريت (ZnS) [زنكبلند]:

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الرباعي الأوجه. تحتوي البلورات عادة على أشكال رباعي الأوجه ، المكعب ، الإثنى عشري وجها معينا ، ولكن غالبا ماتكون البلورات معقدة وغير كاملة أو موجودة في مجموعات كروية البلورات توأمية عديدة التركيب ويكثر وجود المعدن في هيئة كتلية خشنة أو دقيقة الحبيبات وقد تكون هيئة عنقودية أو متماسكة أو خفية التبلور. يوجد شكل بلوري آخر تركيبه كبيرتيد الزنك أيضا يتبلور في فصيلة السداسي ويعرف باسم فورتزيت Wurtzite. الصلادة = ٣,٥ – ٤. الوزن النوعي = ٣,٩ – ٤,١. الانفصام {١١٠} كامل ولكن المعدن الرقيق لا يظهر فيه الانفصام. البريق لا فلزي – صمغي إلى شبه فلزي – وقد يكون ماسي. اللون أبيض عندما يكون نقيا ولكنه يتلون بألوان صفراء أو بني أو أسود ويصثير اللون داكنا بإزدياد نسبة الحديد بالمعدن وقد يكون المعدن أحمر اللون أيضا. شفاف إلى نصف شفاف. المخدش أبيض أو أصفر أو بني.



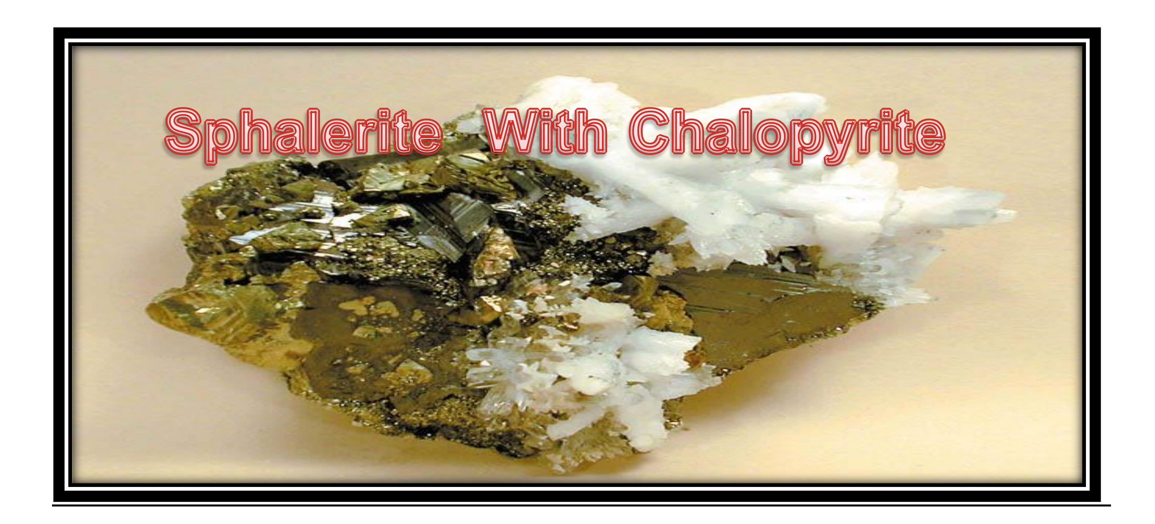
التركيب الكيميائية عبارة عن كبريتيد الزنك (ZnS). الزنك = ٦٧% ، الكبريت = ٣٣% ، يحتوي دائما على حديد (Zn,Fe)S ، حيث لا تتعدى نسبة وجوده ١٨% ، وقد يوجد المنجنيز أو الكدميوم بنسبة بسيطة.

سفاليريت النقي معدن غير قابل للانصهار ، ولكنه ينصهر بصعوبة جدا إذا كان يحتوي على الحديد ، ويعطي المعدن رائحة غاز ثاني أكسيد الكبريت عند تسخينه على مكعب الفح أو في الأنبوبة المفتوحة. عندما يسخن المعدن مع مخلوط مختزل على مكعب الفح فإنه يعطي طبقة رقيقة من أكسيد الزنك (صفراء وهي ساخنة وبيضاء وهي باردة) هذه الطبقة لا تتطاير في اللهب المؤكسد.

يتميز معدن سفاليريت ببريقه الصمغي الواضح وكذلك انفصامه الكامل {١١٠}. وتتميز الأنواع السوداء من المعدن بمخدشها البني المائل إلى الإحمرار.

يعتبر سفاليريت أهم خام للزنك ، وهو معدن شائع يوجد في الطبيعة مصاحبا معادن الجالينا ، البيريت ، المركزيت ، كالكوبيريت ، سميثسونيت (كربونات الزنك) ، كالسيت ، دولوميت. وغالبا ما يوجد سفاليريت مع الجالينا اللذان يشتركان في أماكن وجودهما في الطبيعة ونشأتهما. ويوجد العدن إما في العروق المائية الحارة أو في رواسب إحلالية في الحجر الجيري. كما أن هناك بعض الحالات القليلة التي يظهر المعدن فيها في هيئة عروق في الصخور النارية أو يظهر في الصخور المتحولة بالحرارة.

يوجد المعدن مختلطا مع معادن كالكوبيريت وجالينا في العروق المائية الحارة في جبل أم سميوكي بالصحراء الشرقية. كما يوجد المعدن بكميات بسيطة منتشرة في أماكن مختلفة من الصحراء الشرقية.





يستخدم المعدن – الذي يعتبر أهم خام للزنك – في الحصول على الزنك الذي يستعمل في صناعة الحديد المجلفن والنحاس الأصفر والبطاريات الكيميائية وألواح الزنك والمركبات الكيميائية المختلفة التي تستعمل في صناعة البويات وحفظ الأخشاب والصباغة والطب. ويستخلص عنصر الكادميوم من بعض أنواع سفاليريت.



كالكوبيريت (CuFeS8) :

يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي "نظام الوتد المنعكس Biephenoidal class" ولكن البلورات نادرة ، ويغلب وجود المعدن في هيئة كتلية. الصلادة = ٣,٥ – ٤. الوزن النوعي = ٤,١ – ٤,٣. البريق فلزي ، قابل للكسر. اللون أصفر نحاسي ولكنه غالبا ما يكون مغطى بصدأ برونزي متموج الألومان. المخدش أسود مائل إلى الخضرة.

التركيب الكيميائية عبارة عن كبريتيد النحاس والحديد (CuFeS8) ، النحاس = ٣٤,٥% ، الحديد = ٣,٥% ، الكبريت = ٣٥% ، وقد يوجد المعدن مختلطا اختلاطا كاملا بمعدن البيريت ومعادن كبريتيدية أخرى مما يجعل نتيجة التحليل الكيميائية مختلفة قليا عن النسب المئوية السابقة.

درجة الانصهار = ٢ ويعطي كرة مغناطيسية. ويعطي رائحة غاز ثاني أكسيد الكبريت عند تسخينه على مكعب الفحم أو في الأنبوبة المفتوحة. ويذوب المعدن المسخن في حامض الهيدروكلوريك ويلون المحلول اللهب بلون أزرق مخضر دليلا على وجود كلوريد النحاس. يتفاعل بسهولة مع حامض النيتريك معطيا راسبا من الكبريت. وباضافة الأمونيا بكمية إلى المحلول الناتج يترسب راسب بني أحمر عبارة عن إيدروكسيد الحديديك ، وعندما يرشح يبدو الراشح ذا لون أزرق (نحاس).

يتميز معدن كالكوبيريت بلونه الأصفر النحاسي ومخدشه الأسود المائل إلى الخضرة وصلادته المخنفضة. ويمكن تفرقته عن معدن البيريت بصلادته المنخفضة وعن الذهب بكرة قابلة للكسر.



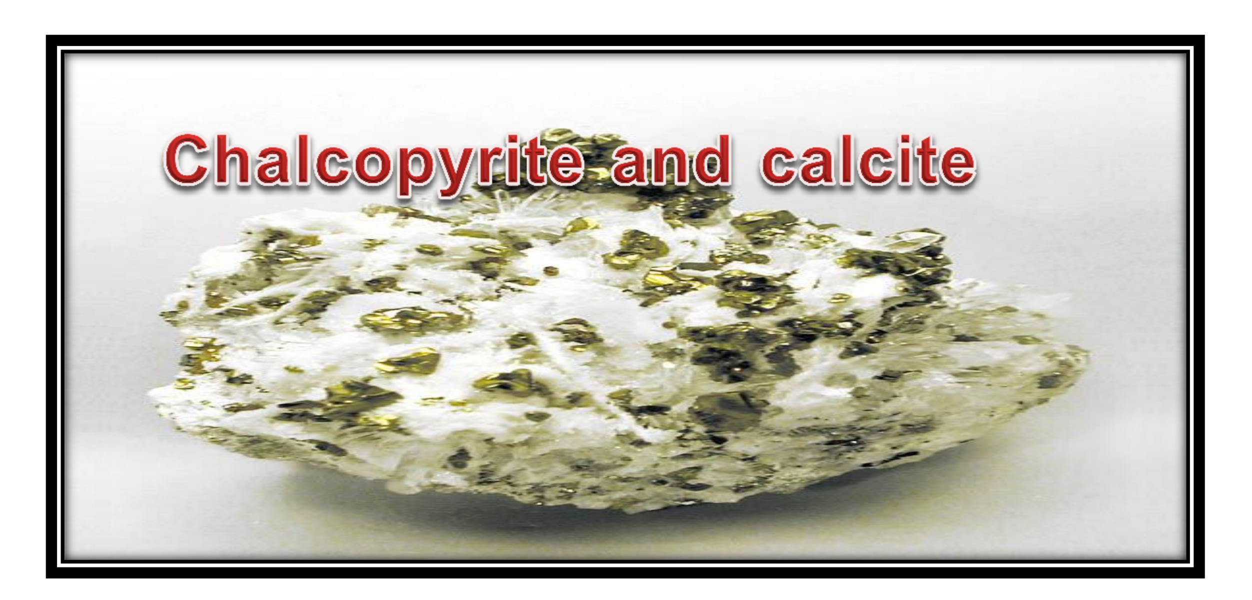
يعتبر معدن كالكوبيريت من معادن النحاس الشائعة وواحد من أهم خامات النحاس.ويوجد المعدن منتشرا في العروق المائية الحارة وخصوصا مرتفعة الحرارة ، حيث يصاحب المعدن معادن البيريت ، البيروتيت ، سفاليريت ، جالينا ، كوارتز ، كالسيت ، دولوميت ، سيديريت ، ومعادن نحاسية أخرى. يوجد المعدن في الحالة الأولية ويتحلل بالعوامل الجوية المختلفة خصوصا بالقرب من السطح وينتج عنه كثير من المعادن

النحاسية الثانوية التي تشمل الأكسيد والكربونات والكبريتات وقد يظهر الكالكوبيريت أيضا كمعدن أصلي في الصخور النارية ، في عروق البجماتيت ، وفي الصخور المتحولة بالحرارة. وكذلك في الصخور المتحولة بالضغط والحرارة مثل الشست. وقد يحتوي المعدن على الذهب أو الفضة وبذلك يصبح خاما لهذه المعادن. وقد يوجد المعدن مختلطا بكميات كبيرة من البيريت مما يقلل من قيمة الخام كمصدر للنحاس.

يوجد المعدن في مصر بكميات بسيطة منتاشر في كثير من عروق الكوراتز. وكذلك في العروق الكبيرتيدية في جبل أم سميوكي ووادي حمش وأبو صويل بالصحراء الشرقية الجنوبية. يعتبر الكالكوبيريت من الخامات الهامـــــة للنحــــاس.









بيريت (FeS_2) :

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام الإثنى عشر وجها المعيني المزدوج. غالبا في هيئة بلورات يغلب عليها شكل المكعب ، وفي بعض الأحيان تكون الأوجه مخططة ، شكل (١٨٦). وكذلك قد توجد أشكال الاثنى عشر وجها الخماسي (بيريتوهيدرون) ، وثماني الأوجه. وتوجد بعض البلورات التوأمية.

كذلك يوجد المعدن في هيئة كتلية أو حبيبية أو كلوية أو كروية أو استلاكتيتية ، الصلادة = ٦ – ٦,٥ (تعتبر عالية بالنسبة للكبريتيد). الوزن النوعي = ٥,٠٢. قابل للكسر ، البريق فلزي ناصع. اللون نحاسي أصفر باهت ولكن قد يكون أغمق من ذلك نتيجة للصدأ. المخدش أسود مائل للخضرة أو إلى اللون البني ، معتم.


بيريت


بيريت


Pyrite with Siderite



التركيب الكيميائي: ثاني كبريتيد الحديد (FeS2). الحديد = ٤٦,٦% والكبريت = ٥٣,٤%. قد يحتوي المعدن على كميات بسيطة من النيكل والكوبالت والزرنيخ عادة يحتوي على كميات ضئيلة من الذهب والنحاس والتي توجد كشوائب ميكروسكوبية. درجة الانصهار = ٢,٥ – ٣ ، وتعطي كرة صغيرة مغناطيسية. يعطي المعدن كمية من الكبريت في الأنبوبة المقفلة. أما في الأنبوبة المفتوحة أو على مكعب الفحم فيعطي رائحة غاز ثاني أكسيد الكبريت لا يذوب في حامض الهيدروكلوريك ، ولكن المسحوق الناعم يذوب في حامض النيتريك.



يتميز المعدن عن الكالكوبيريت بلونه الباهت وصلادته العالية (لاينخدش بمسمار صلب) ويتميز عن الذهب بقابليته للكسر وصلادته العالية (الذهب قابل للطرق والسحب). ويتميز عن المركزيت بلونه الأغمق وشكله البلوري.

يتحلل معدن البيريت بسهولة ويتأكسد إلى أكاسيد الحديد ، وعادة اليمونيت ولكن المعدن أكثر ثباتا على عدم التحلل من المركزيت. وغالبا توجد بلورات خادعة (كاذبة) لليمونيت المتكون من تأكسد البيريت ، ويطلق اسم جوسان Gossan على لغطاء الذي يوجد فوق عروق البيريت بالقرب من السطح والمكون من رواسب اسفنجية من الليمونيت. وتعتبر الصخور الحاوية على معدن البيريت غير لائقة للأغراض البنائية الهندسية ، وذلك بسبب سهولة أكسدة البيريت التي تؤدي إلى تفتت الصخر وصبغه بلون أكسيد الحديد.

معدن البيريت من المعادن الشائعة الوجود ، ويتكون المعدن من درجات الحرارة العالية والمنخفضة ، ولكن الرواسب الضخمة يحتمل أن تكون قد تكونت في درجات حرارة عالية ، كما يوجد البيريت كمعدن إضافي في الصخور النارية ، وأيضا في الصخور المتحولة والعروق.

وكذلك يوجد المعدن بصفة شائعة في الصخور الرسوبية إما من أصل أولي أو من أصل ثانوي. وفي مصر يوجد المعدن منتشرا في كثير من العروق والصخور النارية والمتحولة والرسوبية في الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء والصحراء الغربية ، ولكن لا يوجد بكميات كبية ذات قيمة اقتصادية.

يستعمل البيريت أساسا في صناعة حامض الكبريتيك ولكنه يعتبر مصدرا للحديد في البلاد التي تفتقر إلى رواسب أكاسيد الحديد فيها. وقد يستعمل المعدن كمصدر للنحاس والذهب. ويستعمل المعدن في إنتاج كبريتات الحديدوز التي تستخدم في الصباغة وصناعة الحبر وأغراض كيميائية مختلفة.

مركزيت (FeS_2):

(بيريت الحديد الأبيض)

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس . البلورات غالبا مسطحة وموازية للمسطوح القاعدي وكذلك تظهر على البلورات منشورات قصيرة. عادة توجد البلورات في مجموعات توأمية.



كذلك توجد مجموعات بلورات شعاعية او استلاكتيتية حيث يتكون اللب من بلورات شعاعية ومغطاة من الخارج بمجموعات بلورات غير منتظمة. كذلك في مجموعات كروية أو كلوية . يتميز المعدن عن البيريت بلونه الأصفر الباهت وبلوراته وهيئته الابريت وكذلك بالاختبارات الكيميائية وبالأشعة السينية.

يتحلل المعدن بسهولة إذا قورنت بمعدن البيريت وينتج عن التحلل كبريتات الحديدوز وحامض الكبريتيك. ويعرف المسحوق الأبيض الذي يتكون على سطح المركزيت في الطبيعة باسم ميلانتريت.

يوجد معدن المركزيت في العروق الكبريتيدية خصوصا مع خامات الرصاص والزنك ، وكذلك ، في الصخور الرسوبية. ويترسب المعدن مع الحاليل الأرضية في درجات الحرارة العادية كمعدن ثانوي ، يوجد كثيرا في الصخور الجيرية نتيجة للإحلال ، وكذلك كدرنات concretions مترسبة في الطين والمارل والطفل.



يوجد المعدن منتشرا في بعض الصخور وعروق الصحراء الشرقية ، كما يوجد في منطقة الكبريتيدات الغنية تحت مستوى الماء الأرضي في منطقة أم غيج مجتمعا مع رواسب الزنك والرصاص. يستعمل المعدن بكميات قليلة في صناعة حامض الكبريتيك.

أرسينوبيريت (FeAsS):

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. البلورات عادة منشورية موازية للمحور ج ، بعض البلورات توأمية وتعطي مجموعاتها أشكالا معينية قائمة كاذبة. يوجد في هيئة كتلية. الصلادة = ٥,٥ – ٦ ، الوزن النوعي = ٦,٠٧. البريق فلزي. اللون أبيض فضي ، المخدش أسود ، معتم.



يعتبر معدن الأرسينوبيريت أكثر المعادن الحاوية للزرنيخ انتشارا ، يوجد المعدن مع خامات القصدير والتنجستن في العروق المائية المرتفعة الحرارة وكذلك في عروق أخرى حاوية لمعادن الفضة والنحاس والجالينا وسفاليريت وبيريت وكالكوبيريت. يوجد المعدن عادة مع الذهب ، وقد يوجد المعدن في صخر البجماتيت ورواسب الصخور المتحولة بالحرارة ، وكذلك يوجد منتشرا في بعض الصخور الجيرية المتبلورة.



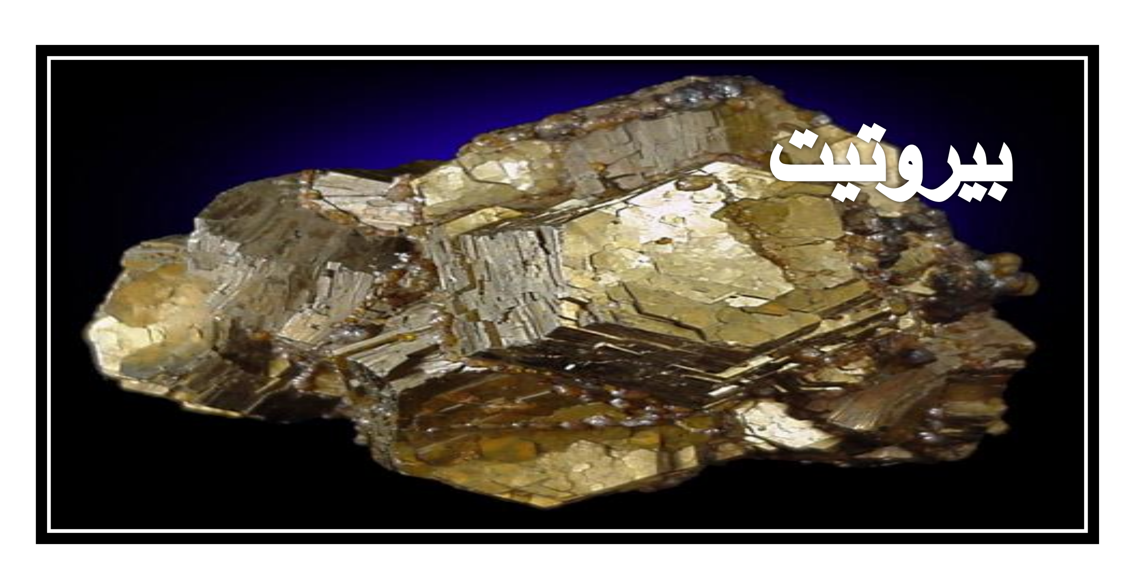


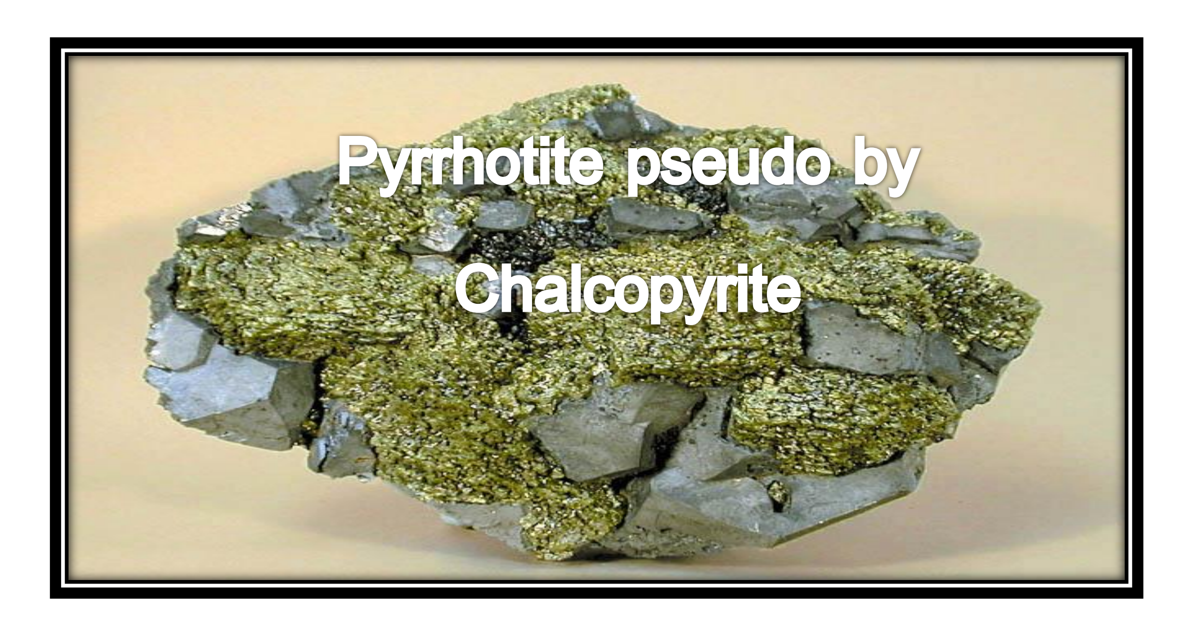
يوجد المعدن في بعض عروق المرو الحاملة للذهب كما في العروق الموجودة عند أبو دباب في المنطقة الوسطى من الصحراء الشرقية المصرية.

يستعمل المعدن كخام للزرنيخ ، ويستخدم أكسيد الزرنيخوز في صناعة الزجاج ومادة حافظة. أما زرنيخات الرصاص فتستعمل كمبيد حشرات ، وتستعمل بعض الأملاح الأخرى في صناع البويات والصواريخ النارية.

بيروتيت (FeS) (البيريت المغناطيسي) :

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي ، نظام الهرم المنعكس السداسي المزدوج البلورات غالبا مفلطحة وفي بعض الأحيان هرمية ، ولكن الهيئة الشائعة هي الكتل الحبيبية أو الصفائحية. الصلادة = ٤ ، الوزن النوعي – ٤,٥٨ ، البريق فلزي ، اللون برونزي بني ، المخدش أسود ، مغناطيسي حيث ينجذب المسحوق عادة إلى المغناطيس.







يوجد المعدن عادة ككتل منعزلة في الصخور النارية القاعدية مثل الجابرو والبريدوتيت حيث يجتمع المعدن مع البيريت والكالكوبيريت والبنتلانديت Pentlandite (كبيريتد الحديد والنيكل) والجالينا. ويوجد البيروتيت أيضا في عروض البجماتيت والعروق المائية الحارة. ويستعمل المعدن كمصدر لعنصر النيكل.

كوفيلليت (CuS):

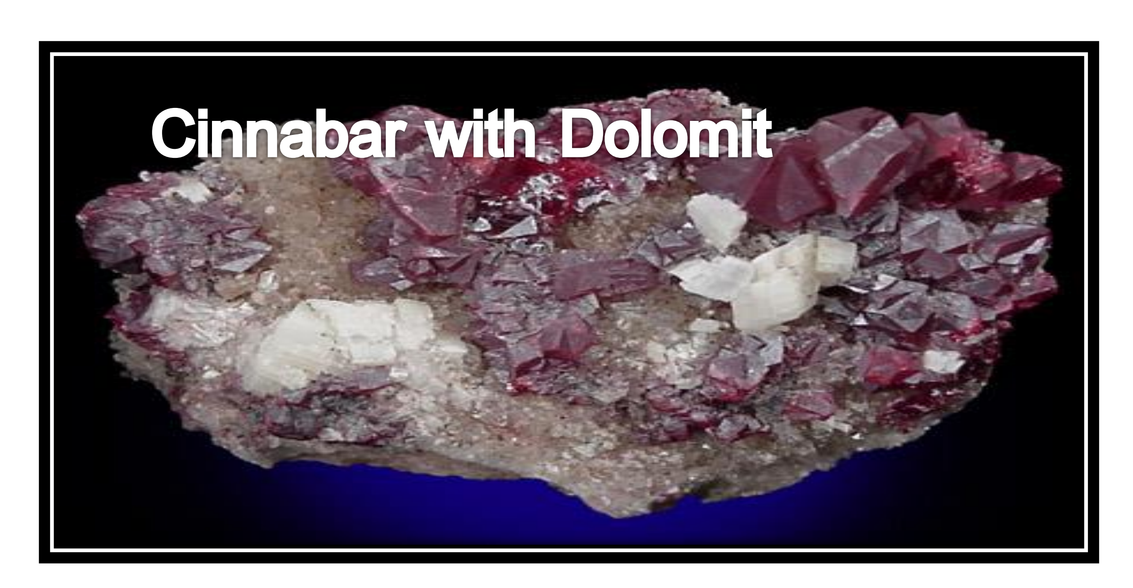
يتبلور المعدن في فصيلة السداسي ، نظام الهرم المنعكس السداسي المزدوج يوجد غالبا في هيئة كتلية أو طبقات رقيقة أو حبيبات منتشرة في معادن نحاسية أخرى. الصلادة = ١,٦ – ٢. الوزن النوعي = ٤,٦ – ٤,٧٦. الانفصام صفائحي حيث يعطي صفائح مرنة. البريق فلزي ، اللون أزرق بنفسجي أو أغمق. المخدش رصاصي فاتح إلى أسود. قد يبدي عرضا للألوان Iridescent. معتم.

معدن الكوفيلليت ليس من المعادن الشائعة ، ولكنه يوجد في الرواسب الثانوية التي تحتوي على النحاس ، خصوصا كطبقات رقيقة في المناطق الغنية بالكبريتيدات ، ويوجد المعدن مع معادن كالكوبيريت ، بورنيت ، إينارجيت ، حيث ينتج من تحلل هذه المعادن. وقد يوجد الكوفيلليت في حالة أولية ، ولكنها قليلة.

وفي مصر يوجد المعدن في بعض عروق النحاس في شبه جزيرة سيناء ، وفي بعض العروق الكبريتيدية في وادي حمش بالصحراء الشرقية ، وفي هذه المناطق يوجد المعدن مختلطا مع معادن نحاسية أخرى مثل كالكوبيريت ومالاكيت وكوبريت وكالكوسيت وبورنيت. يعتبر المعدن مصدار بسيطا للنحاس.

سنبار (HgS):

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام الأوجه شبه المنحرفة. البلورات عادة معينة الأوجه. غالبا في هيئة كتلية حبيبية أو ترابية أو قشور أو حبيبات منتشرة في الصخر. الصلادة = ٢,٥. الوزن النوعي = ٨,١. الانفصام منشوري كامل {١٠١‾١}. البريق ألماسي عندما يكون المعدن نقيا ولكنه معتم عندما يكون غير نقي. اللون أحمر فاقع عندما يكون نقيا أو أحمر بني (غير نقي). المخدش أحمر فاقع ، شفاف إلى نصف شفاف. يعتبر السنبار خاما هاما للزئبق ولكن أماكن وجوده بكميات كبيرة قليلة.



يوجد في هيئة عروق في الصخور الرسوبية وكذلك كرواسب حول البراكين والينابيع الحارة ، ويوجد مجتمعا مع معادن البيريت والمركزيت وستبنيت ، وكبرتيدات النحاس مع المعادن الأرضية وأوبال وكاسيدوني وكوارتزوباريت وكالسيت وفلوريت. والسنبار هو المصدر الوحيد الهام لفلز الزئبق الذي يستخدم بكميات كبيرة في الصناعة والتجارة.

ريالجر (رجج الغار) [AsS]:

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. يوجد المعدن في هيئة بلورات منشورية قصيرة ومخططة. وعادة تكون البلورات حبيبة خشنة أو دقيقة ، وغالبا ما تكون في هيئة ترابية أو قشرية. الصلادة = ١,٥ – ٢ ، الوزن النوعي = ٣,٤٨. الانفصام موازي للمسطوح الجانبي {٠١٠} ، قابل للقطع والتقشير. البريق صمغي . اللون والمخدش أحمر إلى برتقالي شفاف إلى نصف شفاف.



يوجد معدن ريالجر في العروق الحاوية على خامات الرصاص والفضة والذهب حيث يجتمع مع معدن الأوربيمنت والمعادن الزرنيخية الأخرى وستبنيت. ويوجد المعدن أيضا مترسبا حول فوهات البراكين والينابيع الحارة.

يستعمل المعدن في الصواريخ النارية حيث يعطي ضوءا أبيضا ناصعا عند خلطه مع ملح البارود ثم إشعاله ، ويستعاض عن المعدن الآن في هذه الصناعات باستعمال مركب كبيرتيد الزرنيخ الكيميائية. اسم المعدن مشتق من الكلمة العربية "رجح الغار" ، ومعناها مسحوق المنجم.

أوربيمونت (Ag2S8):

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، البلورات صغيرة ومسطحة أو منشورية قصيرة ولكن عادة يصعب تمييزها. ويوجد المعدن عادة في هيئة كتل صفائحية أو عمدانية. الصلادة = ١,٥ – ٢. الوزن النوعي = ٣,٤٩. انفصام كامل وموازي للمسطوح الجانبي {٠١٠}. الصفائح الناتجة من الانفصام سهلة الانثناء والتشكيل ولكنها ليست مرنة. قابل للقطع والتقشير. البريق صمغي أو لؤلؤي على المستويات الانفصام . اللون أصفر ليموني نصف شفاف.

معدن الأوربيمنت من المعادن النادرة ، ويوجد مع معدن ريالجر بصفة دائمة تقريبا حيث يتكون الاثنان تحت ظروف مماثلة.



يستعمل المعدن في الصباغة وإزالة الشعر من الجلود. ويستعاض عن المعدن الآن بالمركب الكيميائية. وقد كان الريالجر والأوربيمنت يستعملان في صناعة البويات ولكن توقف هذا الاستعمال الآن نظرا لطبيعتهما السامة.

ستبنيت Sb2S8:

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس. البلورات منشورية رفيعة وأوجه المنشور مخططة طوليا. بعض البلورات منحنية أو منثنية. عادة يوجد في هيئة مجموعات لبلورات صناعية شعاعية أو نصلية ، واضح فيها الانفصام ، كذلك يوجد في هيئة كتل دقيقة أو خشنة الحبيبات. الصلادة = ٢. الوزن النوعي = ٤,٥٢ – ٤,٦٢. الانفصام كامل موازي للمسطوح الجانبي {٠١٠}. البريق فلزي وناصع على أسطح الانفصام. والمخدش رصاصي فاتح إلى أسود معتم.





التركيب الكيميائي: ثالث كبريتيد الأنتيمون. أنتيمون = ٧١,٤% ، كبريت = ٢٨,٦% ، قد يحتوي المعدن على كميات بسيطة من الذهب والفضة والرصاص والنحاس. درجة الانصهار = ١. بتسخين المعدن على مكعب الفحم يعطي طبقة كثيفة بيضاء من ثالث أكسيد الأنتيمون ورائحة غاز أكسيد الكبريت.

يتميز المعدن بدرجة انصهاره المنخفضة (سهل الانصهار) وهيئة بلوراته النصلية وانفصامه في مستوى واحد ولونه الرصاصي الناتج ومخدشه الأسود الناعم. يترسب ستبينيت من المياه القلوية عادة مع معدن الكوراتز.

يوجد المعدن في العروق المائية الحارة المنخفضة الحرارة القاطعة لصخور الجرانيت والنيس ومختلطا مع معادن الجالنيا والسنبار وسفاليريت وباريت وريالجر وأوربيمنت والذهب. كذلك يوجد نتيجة للاحلال في الصخور الجيري والطفلية ، ومصدر هذه المحاليل هو الينابيع الحارة. ويوجد المعدن في بعض العروق في الجزء الجنوبي من الصحراء الشرقية المصرية.



يعتبر معدن ستبنيت أهم خام للأنتيمون. ويستخدم الفلز في صناعة كثير من السبائم التي تستعمل في البطاريات الكهربائية وحروف الطباعة وأنواع أخرى كثيرة من السبائم الفلزية أما الكبريتيد فإنه يستعمل في صناعة الصواريخ النارية والثقاقب والكاوتشوك وفي الأغراض الطبية. ويستخدم ثالث أكسيد الأنتيمون في صناعة الطلاء والزجاج.

مولبدنيت (MoS2):

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي ، نظام الهرم المنعكس السداسي المزدوج البلورات سداسية مسطحة وقصيرة. يوجد غالبا في هيئة قشرية أو كتلية أو صفائحية. الصلادة = ١ – ١,٥. الوزن النوعي = ٤,٦٢ – ٤,٧٢. الانفصام قاعدي كامل {١٠٠٠}. الصفائح سهلة الانثناء والتشكيل ولكنها ليست مرنة قابل للتقطيع والتقشير. الملمس شحمي. البريق فلزي. اللون رصاصي فاتح. المخدش أسود رصاصي. معتم.

يشبه المعدن معدن الجرافيت ولكنه يتميز عنه بوزنه النوعي العالي ، ولون المولبدنيت بشوبه بعض الزرقة ولكن الجرافيت يشوبه بعض اللون البني. وكذلك يفرق بين المعدنين بالاختبارات الكيميائية حيث يدل وجود الكبريت والمولبدنوم على المولبدنيت ، وإذا خدش المعدنان على لوح من الصيني المصقول الامع فإن المولبدنيت يعطي مخدشا يميل إلى الخشرة أما الجرافيت فيعطي مخدشا أسود.

يظهر معدن المولبدنيت كمعدن إضافي في بعض أنواع صخور الجرانيت والبجماتيت والأبليت ، ولكن يغلب وجود المعدن في العروق المائية الحارة المرتفعة الحرارة يث يصاحب معادن الكاسيتريت وشيليت وولفراميت وفلوريت. وكذلك يوجد المعدن في بعض الصخور المتحولة بالحرارة مع معادن سليكات الكالسيوم وشيليت (تنجستات الكالسيوم) وكالكوبيريت.

يوجد المعدن في عروق الكوارتز القاطعة لصخر الجرانيت في منطقة جبل الجتار (القطار) بالصحراء الشرقية المصرية. يستعمل المعدن كخام لفلز المولبدنوم ومركباته الكيميائية. يستعمل الفلز في صناعة الصلب والحديد والأجهزة والأدوات التي تدور بسرعة. وفي الأفران الكهربائية وأجهزة الأشعة السينية.



معادن الأملاح الكبريتية: (Sulfosalts) :

المعادن الكبريتيدية هي المعادن التي تحتوي على فلز (مثل الرصاص والحديد والنحاس ...ألخ) أو شبه فلز (مثل الزرنيخ والأنتيمون) متحدا مع الكبريت. أما إذا وجد كلا من الفلز وشبه الفلز فإنه شبه الفلز يأخذ مكان الكبريت في البناء الذري كما في حالة الأرسينوبيريت (FeAsS) – ويتفاعل شبه الفلز في هذه الحالة كعنصر سالب التكهرب (أنيون). أما في معادن الأملاح الكبريتية فإن شبه الفلز يقوم بدور الفلز في البناء الذري ، وعلى ذلك يمكن اعتبار هذه المعادن كلها كأنها كبريتيدات مزدوجة: فمثلا معدن إينارجيت (Cu8AsS4) يمكن اعتباره كأنه كبريتيد مزدوج (Cu2S.As2S8٣).

ويوجد حوالي ١٠٠ معدن ملح كبريتي ولكن أهم هذه المعادن هي:

بيرارجيريت Pyrargyrite (Ag8SbS8) الثلاثي.
بروستيت Proustite (Ag8AsS8) الثلاثي.
تتراهيدريت Tetrahedrite [Cu, Fe,Zn, Ag)12 Sb4 S13)] المكعب
إينارجيت Enargite (Cu8AsS4) المعيني القائم
بورنونيت Bournonite (PbCuSbS8) المعيني القائم

بيراجيريت (Ag8SbS8):

(خام الفضة الأحمر الداكن)

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام الهرم المزدوج ، البلورات نادرة ، يغلب وجوده في هيئة كتلية متماسكة أو منتشرة أو في هيئة قشور أو صفوف. الصلادة = ٢,٥ – ٣، الوزن النوعي = ٥,٨. المكسر محاري ، البريق ألماسي ، نصف شفاف ، أحمر داكن إلى رصاصي فاتح. المخدش أحمر فاقع (cherry) إلى أحمر أرجواني (purple).





بروستيت (Ag8AsS8):

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام الهرم الثلاثي المزدوج. البلورات صغيرة ومتغيرة يوجد عادة في هيئة كتلية أو قشور أو صفوف. الصدلاة = ٢,٥ – ٣ ، الوزن النوعي = ٥,٥. المكسر محاري. نصف شفاف ، قابل للكسر ، البريق ألماسي ، اللون أحمر ياقوتي ، المخدش أحمر فاقع.



تتراهيدريت (Cu, Fe, zn, Ag)12 Sb4S18):

(النحاس الأشهب)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسي رباعي الاوجه. قد يوجد في مجموعات بلورات متوازية. من الأشكال الشائعة على البلورات رباعي الأوجه والاثنا عشر وجها معينا والمكعب. يوجد المعدن كذلك في هيئة كتلية ذات حبيبات دقيقة أو خشنة. الصلادة = ٦ – ٤,٥. الوزن النوعي = ٤,٦ – ٥,١. البريق فلزي ، اللون أسود رصاصي إلى أسود. المخدش أسود إلى بني ، معتم.



التركيب الكيميائي: أساسا عبارة عن كبريتيد الأنتيمون والنحاس والحديد والزنك والفضة ، والنحاس هو أكثر هذه العناصر ، أما الحديد والزنك فوجودهما يكون بدرجة متوسطة ، ولكن الفضة والرصاص والزئبق فأقلها وجودا . وقد يحل الزرنيخ محل الأنتيمون إحلالا تاما (بجميع النسب) وعلى ذلك توجد متسلسلة كاملة بين الطرفين النهائيين أحدهما معدن الأنتيمون النقي – تتراهيدريت – والآخر معدن الزرنيخ النقي تنانتيت Tennantite.

درجة الانصهار = ١,٥. يعطي المعدن على مكعب الفحم وكذلك في الأنبوب المفتوحة الاختبارات الخاصة بالأنتيمون أو الزرنيخ أو كليهما. وتعطي المادة المسخنة والمبللة بحاض الهيدروكلوريك لونا أزرق غامقا لهب دلالة على كلوريد النحاس. يتفاعل المعدن مع حامض النيتريك مع ترسيب الكبريت وثالث أكسيد الأنتيمون ، فإذا أضفنا إلى المحلول الناتج الأمونيا حتى يصبح فلزيا فإنه لونه يصبح أزرقا.

يتميز المعدن بشكل بلوراته الرباعية الأوجه ، وعندما يكون في هيئة كتلية يتميز بقابليته للكسر ، ولونه الرصاصي.

يعتبر معدن تتراهيدريت أكثر معادن الأملاح الكبريتية إنتشارا. يوجد عادة في العروق المائية الحارة مع معادن النحاس والفضة التي تتكون في ظروف منخفضة أو متوسطة من الحرارة. يندر وجود المعدن في العروق المرتفعة الحرارة أو في الصخور المتحولة. يوجد المعدن مصاحبا للكالكوبيريت وسفاليريت وجالينا ومعادن فضة ونحس ورصاص أخرى كثيرة.

قد يحتوي المعدن على كمية لا بأس بها من الفضة حتى يصبح خاما هاما للفضة. يستعمل المعدن كخام للنحاس والفضة.

إينارجيت (Cu8AsS8) :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم. البلورات صغيرة ومنشورية مخططة رأسيا ولكنها نادرة غالبا. يوجد المعدن في هيئة كتلة متماسكة أو حبيبية أو عمدانية. الصلادة = ٣. الوزن النوعي = ٤,٤. الانفصام منشوري كامل. المكسر خشن. البريق فلزي. اللون والمخدش أسود رصاصي إلى أسود حديدي معتم.





معدن إينارجيت من المعادن النادرة نسبيا ويوجد في العروق ورواسب الإحلال مصاحبا معادن البيريت وسفاليريت وبورنيت وجالنيا وتتراهيدريت وكوفيلليت وكالكوسيت.

بورنونيت (PbCuSbS8):

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم. نظام الهرم المنعكس. البلورات منشورية أو مسطحة سميكة. وغالبا توأمية في شكل صليب. كذلك يوجد المعدن في هيئة كتلية متماسكة وحبيبية. الصلادة = ٢,٥ – ٣. الوزن

النوعي = ٥,٧ – ٥,٩. الملمس شحمي على السطح المكسور حديثا . البريق فلزي. اللون رصاصي إلى أسود. المخدش رصاصي داكن إلى أسود.



يعتبر معدن بورنونيت من المعادن الكبريتية الملحية الشائعة حيث يوجد في العروق المائية الحارة المتوسطة الحرارة. ويصاحب البورنونيت معادن الجالينا وتتراهيدريت وسفاليريت وبيريت.



المعادن الأكسيدية :

يمكن تصنيف الأكاسيد إلى أكاسيد بسيطة وأكاسيد مركبة وأكاسيد تحتوي على شق الايدروكسي وإيدروكسيدات. أما في التصنيف التالي فسوف نكتفي بتصنيفها إلى أكاسيد لا مائية أو أكاسيد مائية. وتشمل مجموعة الأكاسيد معادن كثيرة ذات قيمة اقتصادية وخصوصا معادن هيماتيت ، ماجنيتيت ، كروميت ، كاسيتريت ، جوتيت. وسنضم إلى هذه المجموعة أكاسيد السليكون ، ولو أنه حسب بنائها الذري تتبع مجموعات السليكات.

ونلاحظ في التصنيف التالي أن أكاسيد الفلزات اللامائية يمكن حصرها في خمسة أنماط تبعا لنسبة الفلز A (وفي بعض الأحيان معه فلز آخر B) إلى الأكسجين ، وهي:

نمط A2O ، مثل H2O (معدن الثلج) ، Cn2O

نمط AO ، مثل ZnO

نمط A2O8 ، مثل Al2O8 ، Fe2O8، FeTiO8

نمط AO2 ، مثل TiO2 ، SnO2، UO2MnO2

نمط AB2O4 ، مثل MgAl2O4، FeCr2O4، FeFe2O4.

أ- أكاسيد لا مائية:

كوارتز SiO2 Quartz الثلاثي.

كوبريت Cu2O Cuprite المكعب.

زنكيت ZnO Zincite السداسي.

كوارندوم Al2O8 Corundum الثلاثي.

هيماتيت Fe2O8 Hematite الثلاثي.

إلمينيت FeTiO8 Ilmenite الثلاثي.

بوتيل TiO2 Rutile الرباعي.

كاسيتريت SnO2 Cassiterite الرباعي.

بيرولوسيت MnO2 Pyrilusite الرباعي.

يورانينيت UO2 Uraninite المكعب.

سبنيل MgAl22O4 Spinel المكعب.

ماجنتيت Magntite FeFe2O4 المكعب.

كروميت FeCr2O4 Chromite المكعب.

ب- أكاسيد مائية:

أوبال Opal SiO2nH2o غير متبلور.

مانجانيت MnO(OH Manganite) الميل الواحد.

جوتيت HFeO2 Goethite المعينية القائم.

(ليمونيت) Limonite أكاسيد حديد متميئة.

(بوكسيت) Bouxite أكاسيد ألومنيوم متميئة.

بسيلوميلين Psilomelane أكاسيد منجنيز متميئة.

الأكاسيد اللامائية:

الكوارتز (SiO2) :

يوجد نوعان من الكوارتز: الكوارتز المتبلور في درجات حرارة أقل من ٥٧٣°م وهذا يتبع فصيلة الثلاثي ، نظام شبه المنحرف الثلاثي ، والكوارتز المتبلور في درجات حرارة أعلى من ٥٧٣°م ، وهذا يتبع فصيلة السداسي ، نظام شبه المنحرف السداسي ويكثر وجود بلورات الكوارتز المنخفض (أقل من ٥٧٣°م) في الطبيعة حيث تتكون من منشور سداسي وتنتهي بأوجه المعيني السالب والموجب ، وقد تكون أوجهها (السالب والموجب) متساويتين حتى ليبدو ان معا وكأنهما شكل الهرم المنعكس السداسي . وهيئة البلورة الشائعة هي المنشورية أما الهيئة الهرمية فإنها أقل انتشارا ، وتوجد خطوط أفقية على أوجه المنشور. وقد توجد البلورات منثنية أو مشوهة كثيرا. وعندما توجد أوجه الشكل البلوري المعروف باسم شبه المنحرف الثلاثي على البلورة فإن البلورة توصف بأنها يمينية right-banded ، أويسارية left-banded ، حسب نوع شكل شبه المنحرف الموجود.

ويكثر وجود التوائم على بلورات الكوارتز. ويوجد الكوارتز أيضا في الهيئة الكتلية وفي أشكال كثيرة. وقد تكون البلورات كبيرة واضحة أو دقيقة مجهرية أو خفيفة.

الصلادة = ٧. الوزن النوعي = ٢,٦٥. المكسر محاري. البريق زجاجي وقد يكون في بعض العينات شحمي أو ناصع. اللون عادة شفاف أو أبيض ولكن عادة يتلون المعدن بألوان مختلفة نتيجة لوجود الشوائب المختلفة به وينتج عن هذه الألوان أنواع كثيرة من معدن الكوارتز شفاف أو نصف شفاف. له خواص الكهرباء الضغطية والكهرباء الحرارية بوضوح.





التركيب الكيميائي: عبارة عن ثاني أكسيد السليكون النقي. السليكون = ٤٦,٧% ، الأكسجين = ٥٣,٣% ، ولكن قد يكتنف المعدن معادن الروتيل والهيماتيت والكلوريت والميكا وبعض المكتنفات (inclusione) ، السائلة أو الغازية مثل ثاني أكسيد الكربون .. الخ. لا يذوب المعدن في الأحماض العادية ولكنه يذوب في حامض الهيدروفلوريك. لا ينصهر المعدن ولكنه يعطي كرة زجاجية شفافة عندما يصهر مسحوق المعدن مع حجم مساو له من كربونات الصوديوم. يتميز المعدن ببريقه الزاجي ومكسره المحاري وشكله البلوري. ويتميز عن معدن الكالسيت بصلادته العالية ، وعن بعض أنواع معدن البيريل لصلادته المنخفضة.

توجد أنواع عدة من الكوارتز يمكن تصنيفها لسهولة الدرس والإختبار إلى قسمين:

١- الأنواع الخشنة التبلور Coarsely crystalline varieties.
٢- الأنواع الخفية التبلور : Crystalline varieties
أ- أنواع أليافية Fibrous varieties.
ب- أنواع حبيبية granular varieties.

١- الأنواع الخشنة التبلور :

١- البلور الصخري Rock crystal: يوجد الكوارتز الشفاف غالبا في هيئة بلورات واضحة.



٢- الأميشت (الجشمت) أو الكوارتز البنفسجي Amethyst: الكوارتز ذو اللون البنفسجي أو الأرجواني. يحتمل أن يكون سبب اللون وجود شوائب من المنجنيز.



٣- الكوارتز الوردي Rose Quartz: لونه أحمر وردي ويبهت اللون عند تعرضه للضوء. يحتمل أن يكون سبب اللون التيتانيوم. يوجد المعدن في هيئة كتل متبلورة خشنة ناقصة الأوجه.



٤- الكوارتز المدخن Smoky Quartz: يوجد غالبا في هيئة بلورات ذات لون دخاني اصفر يميل إلى البني الأسود.





٥- الكوارتز الأبيض Milky Quartz: لونه أبيض مثل اللبن. معتم تقريبا. له بريق شحمي.



٦- الكوارتز الحديدي Ferruginous Quartz: لونه بني أو أحمر نتيجة لاحتوائه على الليمونيت أو الهيماتيت.

٧- الكوارتز الأصفر أو استرين Citrine: ولونه أصفر باهت.

٨- عين الهر Cat's eye: وله خاصية الأوبال (التلؤلؤ) أو عرض الألوان نتيجة لوجود شوائب في هيئة ألياف أو لطبيعة وجود الكوارتز نفسه في هيئة ألياف.





٩- عين النمر Tiger's eye: كوارتز ألياف لونه أصفر يوجد في جنوب أفريقيا وهو عبارة عن شكل كاذب للكوارتز الذي حل محل المعدن الأليافي كروسيدوليت (نوع من البيروكسينات تركيبه سليكات الصوديوم والحديد المائية).

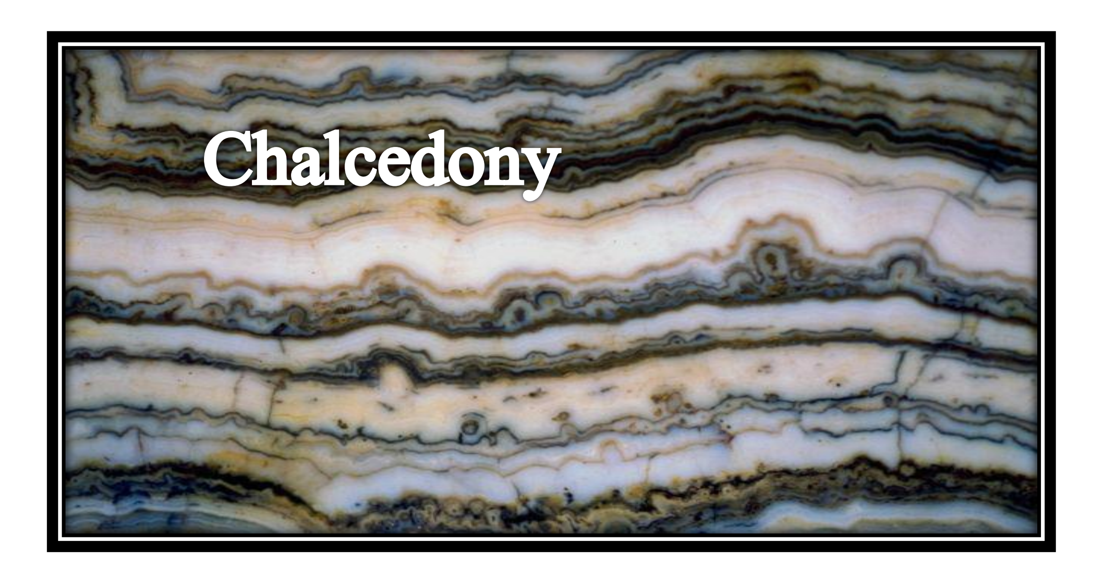


٢- الأنوع الخفية التبلور:

لا يمكن التفرقة بين القسمين التابعين لهذه الأنواع – الأليافية والحبيبية – إلا بواسطة الميكروسكوب.

أ- الأنواع الأليافية :

١- كالسيدونى Chalcedony: نوع ذو بريق شمعي. شفاف أو نصف شفاف. الوزن النوعي – ٢,٦٤. يتكون من ألياف ميكروسكوبية. اللون أبيض أو رمادي أو بني أو أسود. وقد تكون الكالسيدوني بالترسيب من المحاليل المائية حيث يوجد مالئا للشقوق والفجوات في الصخور.



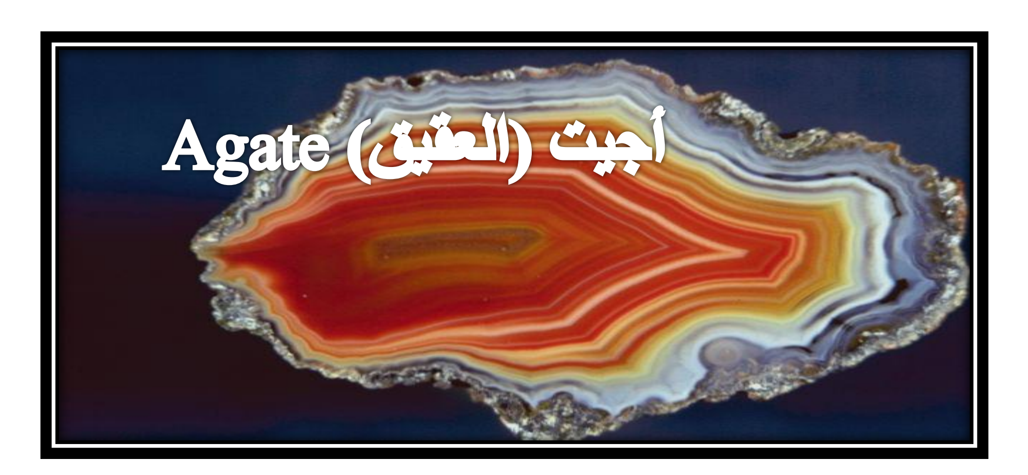
٢- أجيت (العقيق)Agate: نوع من الكالسيدوني يمتاز بلونه الموجود في صفوف أو طبقات قد تكون مستقيمة أو متموجة أو دائرية أو غير منتظمة. وقد يكون لون هذه الصفوف أبيضا أو بنيا أو أحمر. وقد نتجت هذه الصفوف عن الترسيب المتلاحق.

٣- كارنيليان (العقيق الأحمر) Carnelian كالسيدوني أحمر.

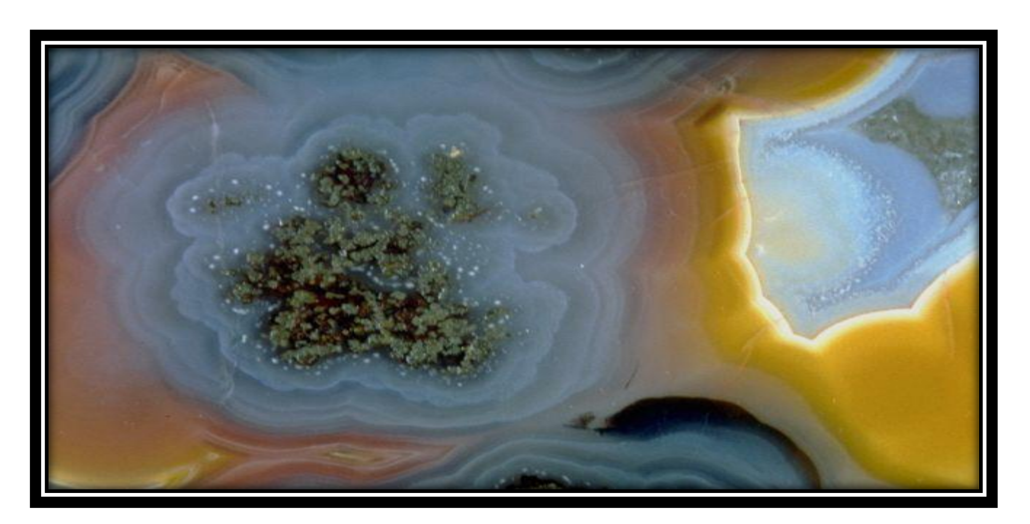
٤- كرايزوبريز Chrysoprase: كالسيدوني ذو لون أخضر تفاحي.

٥- أونس (العقيق اليمانى) Onyx: أجيت ذو صفوف مستقيمة.







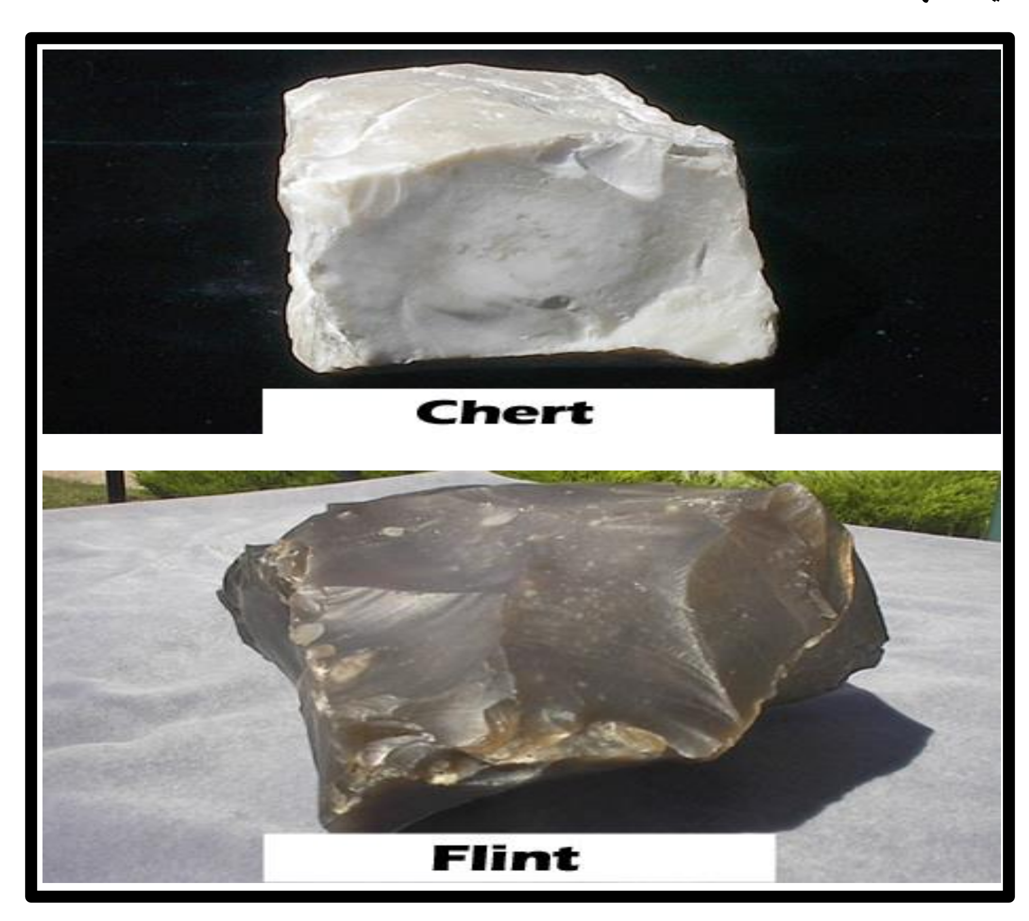


ب- الأنواع الحبيبية:

الجاسبر (الصب) Jasper: عبارة عن كوارتز مكون من حبيبات خفية التبلور ذو لون أحمر نتيجة لاحتوائه على الهيماتيت. معتم.



أما الفلنت (الصوان) Flint والشيرت Chert: فهما اسمان لصخرين وليسا لمعدنين لأن كلا منهما يتكون من أكثر من معدن للسليكا. وقد استخدم الانسان القديم صخر الفلنت في نحت وعمل كثير من الأدوات التي يستعملها.



ومعدن الكوارتز من المعادن الشائعة الوجود في الطبيعة . فهو مكون أساسي للصخور النارية الحمضية مثل الجرانيت والرايوليت والبجماتيت. كذلك يكون الكوارتز معظم حبيبات الصخور الرسوبية الرملية ، وذلك لأن المعدن يقاوم عوامل التحلل والتفتت فيبقى بعد تكسير الصخور النارية الحاوية له ويكون الرواسب الرملية الكوارتزية. وكذلك يوجد المعدن في الصخور المتحولة مثل الشست والنيس وكذلك معظم الصخر المعروف

باسم الكوارتزيت. ويترسب معدن الكوارتز من المحاليل المائية الحارة ليكون المعدن الأرضي الغالب في هذه العروق. أما المحليل التي تحتوي على السليكا فإنها تتفاعل مع الصخور الجيري لتحل محل أجزاء منها ، ويترسب منها رواسب السليكا المعروفة باسم الفلنت والشيرت والتي توجد في هيئة كتلة مستديرة أو عدسات أو طبقات متقطعة أو مستمرة داخل الحجر الجيري. ومن المعادن التي تصاحب الكوارتز في كثير من الأحيان معادن الفلسبار والمسكوفيت. ويوجد الكوارتز بكميات كبيرة مكونا رواسب الرمال على شواطئ الأنهار والبحار وكذلك رواسب التربة Soil.







تستعمل الأنواع الملونة من الكوارتز مثل الأميثست والكوارتز الوردي وعين الهر وعين النمر والأجيت والأونيكس .. الخ في أحجار الزينة. أما البلور الصخري فيستعمل في صناعة الأجهزة البصرية والكهربائية ، ويستورد معظم الكوارتز اللازم لتلك الصناعات من البرازيل ، بينما تستعمل الرمال الكوارتزية في صناعة الأسمنت والزجاج ومواد الصنفرة والطوب الزجاجي ، أما مسحوق الكوارتز فإنه يستعمل في صناعة الخزف والطلاء وورق الصنفرة ، وصناعات أخرى ، في حين تستخدم الأحجار الرملية والكوارتزيت في أغراض البناء ورصف الطرق.

أشكال أخرى بلورية متعددة لثاني أكسيد السليكون:

يوجد ثاني أكسيد السليكون في أشكال بلورية أخرى غير النوعين الثلاثي (الشائع) والسداسي ، وهي:

١ - التريديميت Tridymite: ويوجد إما في بلورات معينية قائمة (منخفضة الحرارة) أو سداسية (مرتفعة الحرارة).

٢ - الكريستوباليت Crystobalite: ويوجد إما في بلورات رباعية (منخفضة الحرارة) أو مكعبية (مرتفعة الحرارة).

تريديميت (SiO_2) :

يتبلور معدن تريديميت في فصيلة المعيني القائمة ولكنه يوجد في شكل سداسي كاذب عقب التريديميت المرتفع الحرارة (سداسي التبلور). يتبلور المعدن بين درجتي حرارة ٨٧٠°م ، ١٤٧٠°م حيث يعطي بلورات ثابتة. البلورات صغيرة ومعظمها توأمية. الصلادة = ٧ ، الوزن النوعي = ٢,٢٦. البريق زجاجي شفاف أو أبيض اللون. لا ينصهر. يذوب في كربونات الصوديوم التي تغلي. أكثر ذوبانا في حامض الهيدروفوليك من الكوارتز.



لا يمكن تمييز المعدن بواسطة العين المجردة ، ولكن يجب استعمال الميكروسكوب وتعيين الشكل البلوري ومعامل الانكسار اللذيني فرقان المعدن عن بقية المعادن السليكية. يوجد المعدن بكميات كبيرة في أنواع خاصة من الصخور البركانية السليكية وعادة يصاحب معدن الكريستوباليت.

كريستوباليت (SiO_2):

يتبلور معدن كريستوباليت في فصيلة الرباعي (مكعب كاذب). أما الشكل المرتفع الحرارة فإنه يتبلور في فصيلة المكعب الذي غالبا يتحول إلى النوع المنخفض الحرارة (الرباعي) ولكن دون أن يتغير الشكل البلوري الخارجي. الصلادة = ٧. الوزن النوعي = ٢,٣٠. البريق زجاجي. شفاف لا لون له. ثابت (مستقر Stable) فقط فوق درجة ١٤٧٠°م. لا ينصهر.

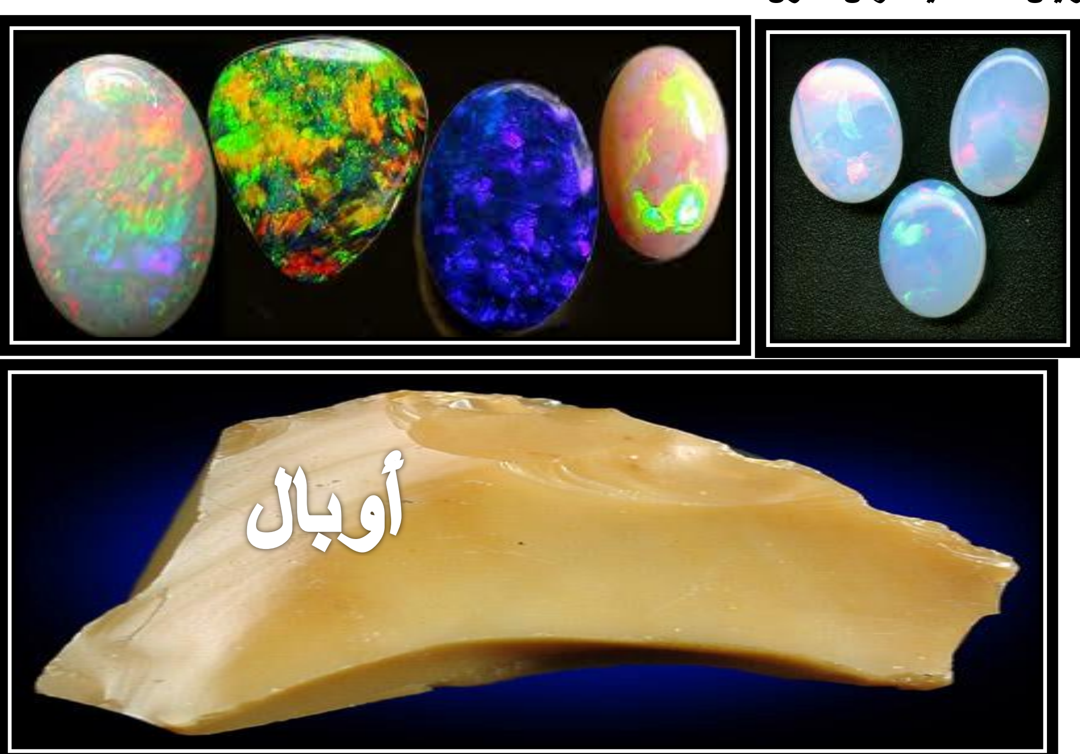
أوبال ($SiO_2.nH_2O$):

المعدن غير متبلور (Amorphous) ، يوجد عادة في هيئة عنقودية أو استلاكتيتية. الصلادة = ٥ – ٦. الوزن النوعي = ٢,٣٠. البريق زجاجي. وقد يكون صمغي في بعض الأحيان. عديم اللون أو أبيض ، ذو ألوان يشوبها اصفرار خفيف ، أو احمرار ، أو بني أو خضرة ، أو رمادية ، أو زرقة خفيفة. وقد تكون هذه الألوان داكنة نتيجة لوجود بعض الشوائب. يكون للمعدن عادة خاصية الأوبال (التلؤلؤ) (Opalescnce) ، حيث يبدي عرضا رائعا للألوان. شفاف أو نصف شفاف.



التركيب الكيميائي: ثاني أكسيد السليكون. مثل الكوارتز ، ولكنه يحتوي على نسبة متغيرة من الماء ($SiO_2.nH_2o$) . يتميز الأوبال عن أنواع الكوارتز الخفية التبلور بصلادته ووزنه النوعي الأقل وكذلك بوجود الماء.

توجد عدة أنواع من الأوبال نذكر منها: الأوبال الثمني: لونه أبيض أو أزرق أو أصفر ، وفي بعض العينات ذو لون أوسد. نصف شفاف ويبدي عرضا للألوان. الأوبال الناري عبارة عن أحد الأنواع الثمنية التي تبدي انعكاسات حمراء أو برتقالية اللون عالية الكثافة. الأوبال العادي: لونه أبيض أو أصفر أو أخضر أو أحمر ، وليس له خاصية عرض الألوان.



هياليت: أوبال شفاف رائق (مثل الزجاج) ذو سطح كروي أو عنقودي. جيزيريت أو سنترسيليكي (Siliceous sinter) : نوع من الاوبال يترسب حول الينابيع الحارة المتفجرة المعروفة باسم جيزر (Geyser). الأوبال الخشبي: أشجار متحجرة بواسطة مادة الأوبال. دياتوميت: رواسب دقيقة الحبيبات ، تشبه الطباشير في مظهرها ، تتكون نتيجة لتراكم الجدران السليكية المكونة لخلايا نبات الدياتوم (نبات طحلبي دقيق) على قاع البحر بعد موته ، ويعرف كذلك باسم التراب الدياتومي Diatomaceous earth.



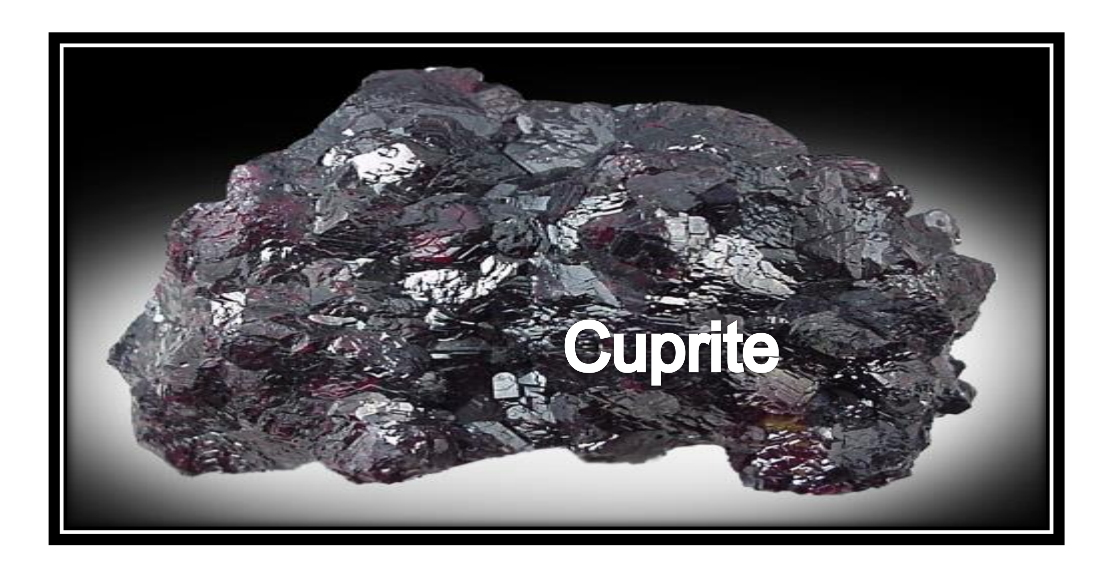
يوجد الأوبال في الطبيعة مبطنا أو مالئا للفجوات في الصخور النارية الرسوبية حيث ترسب المعدن نتيجة لنشاط المياه الحارة. وقد يحل الأوبال محل الخشب المغطى بالتوفا البركانية.

كما يترسب المعدن من الينابيع الحارة ، ويوجد في طبقات رسوبية كنتيجة لتراكم هياكل حيوانات بحرية مجهرية. والنوع العادي من الأوبال شائع الوجود في الطبيعة. يوجد الأوبال الثمين في المجر والمكسيك وهندوراس ومناطق متعددة بأستراليا. ويوجد الدياتوميت في مصر بالقرب من الفيوم.

يستعمل الأوبال كحجر كريم ، بعضها غالي الثمن جدا . أما التراب الدياتومي فيستخدم بكميات كبيرة في مواد التجليخ ، والصنفرة ، وكذلك في الترشيد والمواد المالئة (Filler) وفي المنتجات العازلة.

كوبريت (Cu_2O) :

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثماني الأوجه ، يوجد عادة في هيئة مكعبات عليها أشكال ثماني الأوجه والاثنى عشر وجها معينا وقد يوجد في هيئة بلورات شعرية (Capillary) ، كذلك يوجد المعدن في هيئة مجموعات دقيقة الحبيبات أو كتل. الصلادة = ٣,٥ – ٤ ، الوزن النوعي = ٦,١. البريق ألماسي معتم. اللون أحمر. المخدش أحمر بني.





يعتبر المعدن من الخامات الثانوية الهامة للنحاس . يوجد المعدن في الاجزاء العليا الأكسيدية من عروق النحاس حيث يصاحب معدن الليمونيت ومعادن النحاس الثانوية الأخرى مثل النحاس العنصري والملاكيت والازوريت والكريزوكولا. يستغل المعدن كخام للنحاس.

زنكيت (ZnO):

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي ، نظام الهرم السداسي المزدوج. البلورات نادرة وتغلب الأشكال الكتلية ذات المظهر الصفائحي أو الحبيبي ، الصلادة = ٤ – ٤,٥. الوزن النوعي = ٥,٦. الانفصام منشوري واضح {١٠١̄٠}: انفصام قاعدي. البريق نصف ماسي إلى زجاجي. المخدش أصفر برتقالي. نصف شفاف.





يوجد المعدن بكميات كبيرة في الصخور الجيرية المتحولة حيث يتواجد معدن فرانكليت وردونيت (سلكيات المنجنيز) ، ويلليميت ، سفاليريت ، رودوكروزيت (كربونات المنجنيز) ، كالسيت ، يوجد المعدن بكميات صغيرة في مناطق أخرى.

كوراندوم (Al2O2) :

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام المثلثات الوجهية الثلاثية المزدوجة Ditrigonal scalenohedral . البلورات عادة منشورية منتهية بأهرامات. يوجد عادة في هيئة كتل ذات مستويات انفصال متعامدة تقريبا. الحبيبات دقيقة أو خشنة.

الصلادة = ٩ (قبل الألماس في جدول الصلادة). الكوارندوم قد يتحلل على السطح ليعطي معدن الميكا الأقل صلادة ولذلك يجب ملاحظة تعيين الصلادة على سطح حديث. الوزن النوعي= ١,٠٢.



يوجد انفصال قاعدي {١٠٠٠} ومعيني الأوجه {١٠١‾١}. البريق ماسي إلى زجاجي ، شفاف إلى نصف شفاف ، اللون متغير قد يكون مائلا إلى البني أو الأحمر أو الأزرق أو الأبيض أو الرصاصي أو أحمر ياقوتي أو أزرق.

التركيب الكيميائي: (Al2O8) الألومنيوم = ٥٢,٩% ، الأكسجين= ٤٧,١%. غير قابل للانصهار أو الذوبان. يتميز المعدن بصلادته العالية وبريقه العالي ووزنه النوعي العالي ووجود الانفصال.

توجد عدة أنواع من الكوراندوم أهمها:

الياقوت Ruby: وهو عبارة عن النوع الشفاف ذي اللون الاحمر القاتم وهو من الأحجار الكريمة الغالية.



السافير Sapphire: وهو عبارة عن النوع الشفاف الأزرق وهو من الأحجار الكريمة الغلاية أيضا. وتوجد أنواع منه قد تكون صفراء أو خضراء أو بنفسجية.



الكوراندوم العادي: ويشمل البلورات والكتل المتماسكة ذات البريق المعتم والألوان غير المنظمة.



أما الأميري Emery: فهو اسم المخلوط المكون من الكوراندوم والماجنتيت والهيماتيت.

يوجد الكوراندوم كمعدن اضافي في الصخور المتحولة مثل الحجر الجيري المتبلور والشست والنيس. وكذلك في الصخور النارية قليلة السليكا مثل السيانيت ونيفلين سيانيت ، وفي بعض السودود النارية القاعدية. ويوجد المعدن كذلك في الرمال والرواسب المنقولة حيث يوجد المعدن في هيئة بلورات أو حبيبات مستديرة بقيت نتيجة لصلادة المعدن ومقاومته للتحلل. ويصاحب المعدن الكلوريت والميكا والأوليفين والسربنتين والماجنتيت وسبينيل وكيانيا ودياسبور.

يوجد الياقوت في رواسب التربة الناتجة عن ذوبان الصخور الجيرية المتحولة. ويوجد السافير مصاحبا للياقوت . أما الكوراندوم العادي فهو منتشر في صخور السيانيت. وينتج الياقوت والسافير الآن بطرق صناعية ويصعب التفرقة بين المعدن الطبيعي والصناعي بالعين المجردة.

يستعمل الياقوت والسافير كأحجار كريمة . أما الكوراندوم فيستعمل في موادة الصنفرة وكذلك يستعمل الأميري.

هيماتيت (Fe2O2):

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام المثلثات الوجهية الثلاثي المزدوج. البلورات عادة مسطحة رقيقة أو سميكة ، وقد تكون الصافئح الرقيقة متجمعة في هيئة وردة (الورد الحديدي Iron roses). يوجد المعدن عادة في هيئة ترابية وكذلك في هيئة عنقودية أو كلوية ذات بلورات شعاعية ، الخام الكلوي Kidney ore. وكذلك يوجد المعدن في هيئة صفائحية أو ميكائية Specular أو بطروخية. ويعرف المعدن باسم مارتيت Martite إذا وجد في هيئة ثماني الأوجه الكاذب عقب الماجنتيت.



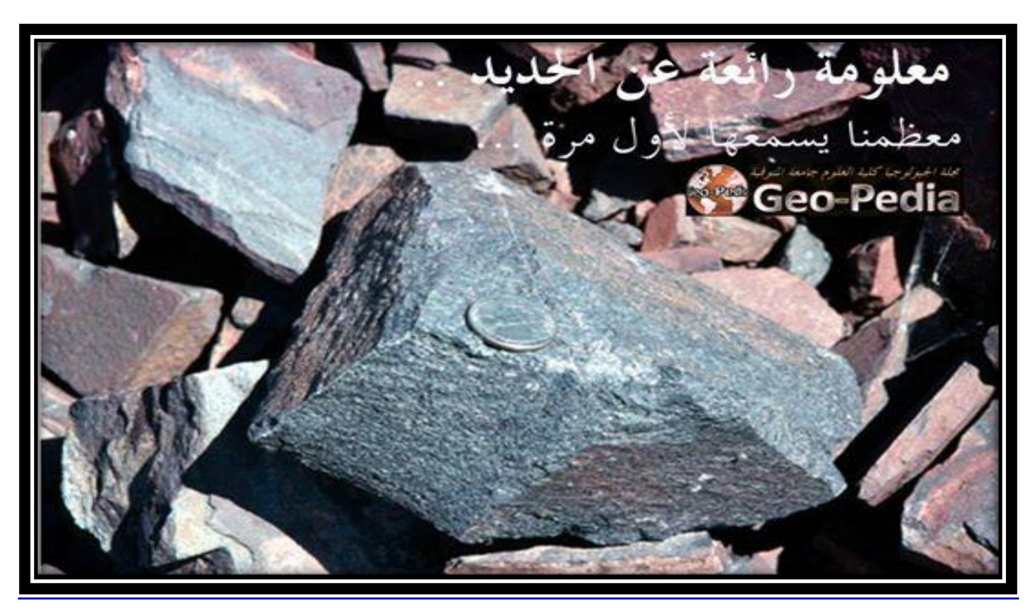
الصلادة = ٥,٥ – ٦,٥. الوزن النوعي. ٥,٢٦ (البلورات). توجد مستويات الانفصال القاعدية والمعينية الأوجه تقريبا متعامدة. البريق فلزي في الأنواع المتبلورة ومطفي في الأنواع الترابية. اللون بني مائل للاحمرار إلى أسود. يعرف النوع الترابي الأحمر باسم المغرة الحمراء Red ochre. المخدش أحمر فاتح أو داكت يتحول إلى أسود بالتسخين. معتم إلى نصف شفاف.

التركيب الكيميائي: أكسيد الحديديك (Fe2O8). الحديد – ٧٠% ، الأكسجين = ٣٠%. قد يحتوي المعدن على التيتانيوم والمغنسيوم فيتحول بذلك إلى معدن إلمينيت.

لا ينصهر و يكتسب مغناطيسية قوية عند تسخينه في اللهب المختزل. يذوب ببطء في حامض الهيدروكلوريك ، يعطي المحلول مع حديد وسيانيد البوتاسيوم راسبا أزرقا داكنا (اختبار الحديديك). يتميز المعدن بلون مخدشه الأحمر الهندي Indian red.

معدن الهيماتيت من المعادن الشائعة في الصخور وفي جميع العصور الجيولوجية ويعتبر أكثر خامات الحديد انتشارا. فقد يوجد المعدن مترسبا حول فوهات البراكين كما يوجد في الصخور المتحولة بالحرارة ، وكذلك كمعدن إضافي في الصخور النارية الحمضية مثل الجرانيت. كذلك قد يحل محل الصخور السليكية (الغنية بالسيليكا) كذلك يوجد في الصخور المتحولة الاقليمية (بالضغط والحرارة). وقد تتكون رواسب كبيرة من الهيماتيت نتيجة لتحلل الصخور الحاوية للحديد. وتوجد هذه الرواسب في هيئة بطروخية كما في رواسب الحديد بأسوان. أما الصخور الرملية الحديدة فيوجد الهيماتيت فيها مكونا للمادة اللاحمة للحبيبات الكوارتزية.





الإعجاز العلمي لآيات الحديد:

﴿لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ ﴿٢٥﴾﴾

عملية إنزال الحديد من السماء، قد درس العلماء المتخصصون هذا الأمر فوجدوا أن ٩٨% من الكون يتكون من الهيدروجين والهليوم وهما أخف العناصر وأن الـ ٢% الباقية تشكل العناصر الأثقل وعددها مائة وخمسة عناصر، مما حمل الدارسين على استنباط حقيقة تكون المواد . الأثقل وزناً ذرياً . من المواد الأخف، وأن ذلك يتم عن طريق الاندماج النووي الذي تصحبه طاقة هائلة. ووجد الباحثون أن هناك نجوماً تصل درجة حرارتها من ٣٠٠ ألف مليون درجة إلى ٤٠٠ ألف مليون درجة مئوية تسمح بأن يتكون الحديد بداخلها. فإذا وصلت كمية الحديد إلى ٥٠% من كتلة النجم وأصبح قلب النجم كله حديداً تتوقف العملية بالكامل وعندئذ ينفجر النجم، وإذا انفجر تناثرت أشلاؤه في الكون و تأتي للأرض علي شكل نيازك

،ونرى النيازك الحديدية تصل إلى الأرض وتصل إلى القمر وإلى المجموعات الأخرى، مما دفع العلماء إلى تصور أن الأرض حينما انفصلت عن الشمس لم تكن سوى كومة من الرماد.

وعلى الرغم من المحاولات العديدة التي قام بها العلماء للتعرف على الكيفية التي نشأت بها المجموعة الشمسية، فإنه ما زالت هناك كثير من الاختلافات في داخل النظريات التي وضعت لتفسير تلك النشأة، إلا أن معظم الآراء تتفق على أن جميع كواكب النظام الشمسي قد انفصلت عن الشمس بطريقة ما، ويمكن اعتبار النظرية السديمية التي تقول بأن أصل مجموعتنا الشمسية كان سديمًا أو سحابة من الذرات الكونية والغازات أكثر النظريات قبولاً لدى العلماء الآن.

وكانت الكشوفات الحديثة قد أظهرت أن الأرض عند انفصالها عن الشمس أو عن السحابة الكونية التي نشأت عنها مجموعتنا الشمسية لم تكن سوى كومة من الرماد ليس فيها عناصر أعلى من الألمنيوم والسيلكون، حيث رجمت بوابل من النيازك الحديدية، والصخرية، والحديدية الصخرية، التي تحركت بحكم كثافتها الأعلى من كثافة الأرض في بداية نشأتها إلى مركز تلك الكومة منصهرة تحت وطأة حرارة المنشأ التي أتت منه، وصهرت معها كومة الرماد، وبفعل تمايز كثافة العناصر المؤلفة لها، تمايزت الأرض أيضًا إلى سبع أرضين: لب صلب (يغلب عليه الحديد ٩٠%، والنيكل ٩%، وعناصر أخرى ١%)، ولب سائل (له نفس التركيب الكيميائي)، ثلاثة أوشحة متتالية تتناقص فيها نسبة الحديد من الداخل إلى الخارج، ثم الجزء السفلي من الغلاف الصخري للأرض، ويليه إلى الخارج الجزء العلوي من الغلاف الصخري للأرض والمعروف بقشرة الأرض وبها ٥,٦% حديد.

وفي مصر يوجد المعدن في رواسب بطروخية لونها أحمر داكن بمنطقة أسوان وتتراوح نسبة الهيماتيت بالخام ما بين ٥٤,٨% ، ٨٨.% ، وتتبع هذه الرواسب العصر الكريتاوي. وكذلك يتوجد رواسب كبيرة من الهيماتيت المختلط مع أكاسيد الحديد المتميئة (مثل الجوتيت – والتي تعرف في مجموعها باسم ليمونتي) في الواحات البحرية وهذه الرواسب توجد في صخور الأيوسين. أما في وادي كريم (٤٢ كيلومترا شرق القصير) ، فتوجد رواسب الحديد التابعة لحقب البريكامبري Precambrian ، في صخور متحولة حيث يتواجد الهيماتيت مع الماجنتيت بصفة أساسية ومختلطا مع الجسبر. وهناك نوع ثالث من رواسب الهيماتيت حيث يوجد النوع الصفائحي من الهيماتيت والمعروف باسم سبكيولاريت Specularite ، مع الكوارتز في العروق المائية الحارة القاطعة للصخور النارية الحمضية أو المتوسطة. ومن أمثلة هذه المناطق وادي أبو جريدة بالصحراء الشرقية (الجزء الشمالي) وجبل أبو مسعود بسيناء. وهناك نوع رابع من رواسب الهيماتيت وأكاسيد الحديد مختلطة مع أكاسيد المنجنيز وكلها نتجت بالإحلال محل الصخور الجيرية الدولومتيتية. ومعظم هذه الأكاسيد الحديدية من النوع الأخير توجد في يهئة ترابية تعرف باسم المغرة الحمراء.

أ ـ رواسب الحديد فى شرق أسوان :

توجد رواسب الحديد فى أكثر من ١٥ موقعا شرق أسوان مصاحبة لتكوينات الحجر الرملى النوبى التى ترجع فى نشأتها إلى العصر الكريتاسى (الطباشيرى) Cretaceous .

وخام حديد أسوان من النوع الرسوبى البطروخى Oolitic الذى يتكون أساسا من الهيماتيت Hematite والجوثيت Goethite . وتتراوح الاحتياطيات شبه المؤكدة لتلك الرواسب بحوالى من ١٢٠-١٥٠ مليون طن . وقد استغل الخام منذ منتصف الخمسينات حتى أواخر الستينات ، حيث توقف استخراج الخام بعد اكتشاف رواسب الحديد فى الواحات البحرية نظراً للتكاليف الباهظة لنقل خام أسوان إلى مصنع الحديد والصلب بحلوان .

ب ـ رواسب الحديد فى الواحات البحرية :

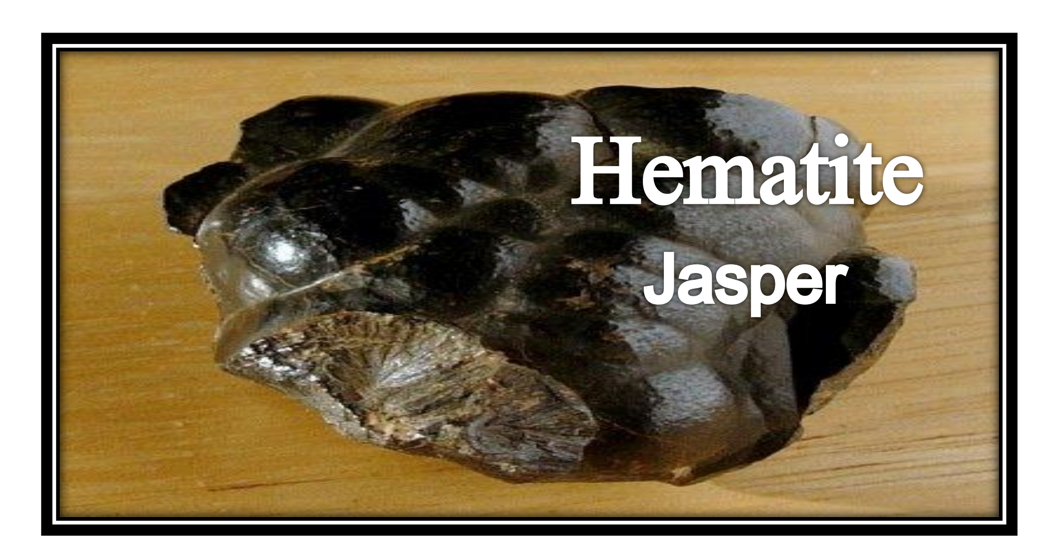
تتواجد رواسب الحديد فى الواحات البحرية فى أربعة مناطق رئيسية هى الجديدة والحارة وناصر وجبل غرابى وتتكون هذه الرواسب بصفة أساسية من أكاسيد الحديد المائية المعروفة باسم الليمونيت Limonite والجوثيت بالإضافة إلى الهيماتيت وبعض المعادن الإضافية الأخرى . وتستغل رواسب الحديد فى الوقت الحالى فى تغذية مصنع الحديد والصلب بحلوان حيث تم إقامة خط حديدى يربط بين مواقع الخام المختلفة فى الواحات البحرية وبين المصنع فى حلوان . ويبلغ الإنتاج حوالى مليون طن سنويا وتتراوح نسبة الحديد بالخام من ٤٥% إلى ٥٠% الأمر الذى يجب معه إجراء عمليات تركيز Concentration وذلك لرفع نسبة عنصر الحديد فى الخام ويبلغ الإحتياطى من الخام حوالى ١٠٠ مليون طن .



جـ ـ رواسب الحديد بالصحراء الشرقية :

تتواجد هذه الرواسب فى القطاع الأوسط من الصحراء الشرقية جنوب القصير بالقرب من ساحل البحر الأحمر وهى رواسب كانت رسوبية الأصل ثم أصبحت متحولة بفعل الحرارة العالية والضغط الشديد . ومن أهم المواقع جبل الحديد ووادى كريم والدباح وأم نار وأم غميس وتقدر الإحتياطيات بحوالى٤٠ مليون طن. ويوجد الخام على هيئة عدسات أو شرائط Bands من الماجنتيت Magnetite والهيماتيت Hematite والسيليكا الموجودة فى صورة معدن الجاسبر Jasper حيث يتراوح السمك من عدة سنتيمترات إلى خمسة أمتار تقريبا . وهناك صعوبات تمنع استغلال هذا الخام فى الوقت الحالى أهمها تداخل السيليكا مع خامات الحديد بحيث لا يمكن الفصل بينهما إلا بعد الطحن الدقيق Fine Grinding مما يجعل التركيز غير إقتصادى من الناحية العملية .

وتتمثل الفائدة الإقتصادية فى خامات الحديد المختلفة فى هدف رئيسى وهو إنتاج الحديد الزهر الذى يمكن بعد ذلك إنتاج أنواع الصلب المختلفة ولاسيما أن الحديد من العناصر الأساسية اللازمة فى كل مجال سواء على المستوى المدنى أو العسكرى . يعتبر معدن الهيماتيت أهم خام للحديد. كذلك يستعمل المعدن في عمل البويات (المغرة الحمراء) ، وفي عمل مسحوق الصقل. الاسم مشتق من كلمة يونانية معناها "الدم" بالنسبة إلى مشابهة لون مسحوق المعدن للدم.



الإلمنيت (FeTiO8):

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام معيني الأوجه. البلورات غالبا مسطحة سميكة . الثوابت البلورية متقاربة مع تلك في الهيماتيت. يوجد المعدن عادة في هيئة صفائح وكذلك كتل متماسكة أو حبيبات سائبة كالرمل. الصلادة = ٥,٥ – ٦. الوزن النوعي = ٤,٧. البريق فلزي أو نصف فلزي. اللون أسود حديدي. المخدش أسود أو أسود بني. معتم. المعدن قليل المغناطيسية ، ولكن هذه الخاصية تزداد بالتسخين.



التركيب الكيميائي: أكسيد الحديدوز والتيتانيوم FeTiO8. الحديد = ٣٦,٨% ، التيتانيوم = ٣١,٦ ، الأكسجين = ٣١,٦%. قد يحل المغنسيوم أو المنجنيز محل بعض الحديد. قد يحتوي المعدن على بلورات رقيقة من الهيماتيت.

لا ينصهر و يتمغطس المعدن بالتسخين. ينصهر مخلوط المسحوق الناعم للمعدن مع كربونات الصوديوم في اللهب المختزل ليعطي كتلة مغناطيسية ، يذوب المعدن – بعد انصهاره مع كربونات الصوديوم – في حامض الكبريتيك ويتحول هذا المحلول إذا أضيف إليه فوق أكسيد الأيدروجين إلى لون أصفر.

يتميز الإلمنيت عن الهيماتيت بمخدشه وعن الماجنتيت بضعف مغناطيسيته ، ولكن إذا وجد المعدن متداخلا بلوريا مع الجانتيت فيجب الإلتجاء إلى الاختبارات الكيماوية للتمييز بين الاثنين.



يوجد المعدن كطبقات وأجسام عدسية الشكل في الصخور المتحولة المتبلورة والنيس ، وكذلك كثيرا ما يوجد المعدن في العروق والأجسام المنفصلة من المجما القاعدية حيث يتواجد المعدن مع الماجنتيت ، كذلك يوجد الإلمنيت كمعدن إضافي في الصخور النارية. وكذلك يوجد ضمن المعادن المكونة لرواسب التجمعات في الرمال السوداء مع معادن الماجنتيت والروتيل والزركون والمونازيت.

في مصر يوجد المعدن في منطقتي حماطة وأبو غلقة بالصحراء الشرقية الجنوبية حيث يوجد المعدن كعدسات وصفوف في الصخور المتحولة والقاعدية التابعة لخقب البريكامبري. كذلك يوجد المعدن في الرمال السوداء الموجودة على شاطئ البحر المتوسط. ويكون المعدن حوالي ٤٧,٧% من كمية المعادن المكونة للرمل الأسود.

يستعمل الإلمينيت كمصدر للتيتانيوم ، ويستعمل أكسيد التيتانيوم الآن بكميات كبيرة في صناعة البويات محل البويات القديمة التي كانت تستعمل في مركبات الرصاص.

كاستيتريت (SnO2):

يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي ، نظام الهرم المنعكس الرباعي المزدوج. الأشكال البلورية الشائعة هي المنشورات والأهرامات المنعكسة من الرتبة الأولى والثانية ، ويكثر وجود البلورات التوأمية في شكل الكوح Elbow-shaped. يوجد عادة في هيئة كتلية حبيبية. وكذلك في هيئة مجموعات كلوية ذات بلورات إبرية شعاعية. الصلادة = ٦ -٧ . الوزن النوعي = ٦,٧ – ٧,١ (عالية بالنسبة لمعدن ذي بريق فولاذي) ، البريق ماسي إلى نصف فلزي أو معتم. اللون عادة بني أو أسود ويندر أن يكون اصفرا أو أبيضا. المخدش أبيض. نصف شفاف.

التركيب الكيميائي: ثاني أكسيد القصدير SnO2 ، القصدير = ٧٨,٦%، الأكسجين = ٢١,٤%. قد يوجد بالمعدن كميات صغيرة من الحديد. لا ينصهر المعدن. يعطي المعدن المطحون عند صهره على مكعب الفحم مع مادة مختزلة كرات صغيرة من القصدير ذات طبقة رقيقة من أكسيد القصدير الأبيض. وإذا وضعت قطع من المعدن في حامض الهيدروكلوريك المخفف مع قليل من فلز الزنك فإن سطح الكاسيتريت يختزل وتتغطى القطع بطبقة رقيقة من فلز القصدير لونها رمادي ولكنها تصبح ناصعة البريق عند تلميعها. يتميز المعدن بوزنه النوعي العالي وبريقه الألماسي ومخدشه الأبيض.



معدن الكاسيتريت من المعادن المنتشرة بكميات صغيرة في أماكن كثيرة ولكن الأماكن المنتجة للمعدن بكميات تجارية قليلة. ويوجد الكاسيتريت كمعدن أصلي في صخور الجرانيت والبجمانيت وبكميات أكثر في عروق الكوارتز القاطعة أو القريبة من الجرانتيت. وتحتوي عروق القصدير على معادن التورمالين والتوباز والفلوريت والأباتيت (تحتوي هذه المعادن على الفلورين والبورون) ، أما صخور الحائط Wall rock (الصخور التي تحيط بالعروق) فإنها تبدو عادة متحللة كثيرا. ومن المعادن التي توجد مع الكاسيتريت معدن ولفراميت

(تنجستات الحديد والمنجنيز). وكذلك يوجد الكاسيتريت في هيئة حبيبات مستديرة في الرواسب النهرية ورواسب التجمعات.







وفي مصر توجد عروق المعدن في مناطق أبو دياب والعجلة والمويلحة والنويبعة وزرقة النعام بالصحراء الشرقية الجنوبية. ويصاحب الكاسيتريت في هذه المناطق الولفراميت والفلوريت والتوباز. وكذلك يوجد المعدن في الرواسب الطينية والرملية في الوديان المنتشرة بمناطق أوب دياب والعجلة والنويبعة وقد تكونت هذه الرواسب في العصور الحديثة نتيجة لتعرية الصخور القديمة (ماقبل الكمبري) الحاوية للكاستيريت ونقلها إلى أماكنها الحالية في الوديان بواسطة السيول حيث ترسب الكاسيتريت بالقرب من مصدره نتيجة لثقله.

يستعمل المعدن كخام لفلز القصدير الذي يستعمل في أغراض صناعية كثيرة منها صناعة الصفيح والسبائك (مثل البرونز).

روتيل (TiO_2):

يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي ، نظام الهرم المنعكس الرباعي المزدوج. البلورات المنشورية المنتهية بأهرامات منعكسة شائعة. توجد التوائم "الكوعية". توجد البلورات عادة في هيئة إبرية ، وكذلك قد يوجد المعدن في هيئة كتلية منضغطة. الصلادة = ٦ – ٣,٥. الوزن النوعي = ٤,١٨ – ٤,٢٥. البريق ألماسي إلى نصف فلزي ، عادة نصف شفاف ، اللون أحمر أو بني أو أسود. المخدش بني باهت.



يوجد الروتيل كمعدن إصافي في صخور الماجنتيت والبجماتيت الجرانيتي والنيس والشست الميكائي والحجر الجيري المتبلور والدولوميت. وقد يوجد المعدن أيضا في عروق الكوارتز كبلورات إبرية متداخلة في الكوارتز ، كما يوجد المعدن بكميات لا بأس بها في الرمال السوداء مختلطا مع معادن الماجنتيت والزركون والمونازيت والإلمينيت.



في مصر يوجد الروتيل بجانب انتشاره في الصخور النارية الحمضية والمتحولة ، في الرمال السوداء على ساحل البحر المتوسط . يستعمل المعدن كخام لفلز التيتانيوم الذي يستعمل في أغراض صناعية كثيرة.

بيرولوسيت (MnO2):

يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي ، نظام الهرم المنعكس الرباعي المزدوج ويندر وجوده في بلورات كاملة. كثير من البلروات عبارة عن أشكال كاذبة عقب المانجانيت. يوجد عادة في هيئة كتلية حبيبية أو كلوية أو شجرية– الصلادة = ١ – ٢ (يترك أثرا أسودا على الأصابع) ، أما النوع المتبلور الخشن (بوليانيت) فصلادته = ٦ – ٦,٥. الوزن النوعي = ٤,٧٥. البريق فلزي. اللون والمخدش أسود حديدي. معتم.

التركيب الكيميائي: MnO2. المنجنيز = ٦٣,٢% الأكسجين = ٣٦,٨%. يحتوي عادة على قليل من الماء. لا ينصهر. تلون كمية صغيرة مسحوق المعدن خرزة البوراكس بلون بنفسجي أحمر في اللهب المؤكسد وتلون خرزة كربونات الصوديوم بلون أخضر. إذا سخن في الأنبوب المقفولة فإنه يعطي الأكسجين الذي يجعل شطية دقيقة من الفحم تتوهج وتحترق عند وضعها فوق المعدن وتسخينها. ويعطي المعدن غاز الكلور مع حامض الهيدروكلوريك. يتميز المعدن عن غيره من معادن المنجنيز بمخدشه الأسود وصلادته المنخفضة واحتوائه على كمية صغيرة من الماء.

البيرولوسيت من المعادن الثانوية ويتكون من إذابة المنجنيز من الصخور المتبلورة حيث يوجد العنصر بكميات صغيرة ، ثم ترسيبه مرة ثانية في هيئة معادن مختلفة أهمها البيرولسيت. وتوجد المجموعات الشجرية ، من المعدن عادة على الأسطح المكسورة للحصى والقطع الصخرية الكبيرة. كما توجد طبقات وعدسات من خامات المنجنيز في الصخور الطينية المتبقية والناتجة من تحلل الصخور الجيرية المنجنيزية. ويعتقد أن أكاسيد المنجنيز كانت في الأصل في حالة غروية ثم تبلورت عقب ترسيبها. وكذلك يوجد المعدن في عروق الكوارتز والمعادن القلوية الأخرى.

ويوجد خام المنجنيز فى مصر بشبه جزيرة سيناء والصحراء الشرقية. أساسا من ثانى أكسيد المنجنيز أما على هيئة عروق مالئة للشقوق القاطعة لصخور القاعدة وصخور الحجر الرملى النوبى كما فى عش الملاحة ووادى المعاليك بالصحراء الشرقية (بالقرب من حلايب إلى أقصى الجنوب) أو على هيئة عدسات صغيرة وجبوب فى صخور الميوسين كما فى منطقة أبو رماد بالصحراء الشرقية . وتعتبر منطقة أم بجمة بسيناء أهم مناطق وجود المنجنيز بمصر حيث يوجد الخام ضمن طبقات الجزء السفلى من نطاق الصخور الجيرية الدولوميتية الكربونى على هيئة طبقات صفائحية أو عدسات أو أجسام غير منتظمة بسمك يصل الى ٨ أمتار وبطول عدة مئات من الأمتار بدرجة انتشار منتظمة لكل من الحديد والمنجنيز وتتركز معادن المنجنيز فى الأجزاء المركزية من جسم الخام فى حين تتركز معادن الحديد على الحواف . ويمثل الخام عالى الجودة حوالى ١٠% من الاحتياطى المتبقى والذى يقدر بحوالى ٨ر١ مليون طن.

كما يوجد فى منطقة شرم الشيخ بشبة جزيرة سيناء على هيئة مادى لاصقة فى تكوينات الرصيص وفى شقوق الفوالق ، ويقدر الاحتياطى فى هذه المنطقة بحوالى ٣٠ ألف طن ومتوسط نسبة المنجنيز بحوالى ٢٥ %وبالنسبة للخام فى الاماكن الأخرى مثل عش الملاحة ووادى المعاليك بالصحراء الشرقية فيوجد بكميات قليلة حيث يتم استغلاله بواسطة أفراد

والبيرولوسيت أهم خام لعنصر المنجنيز الذي يستعمل في صناعة الصلب وسبائك النحاس والزنك والألومنيوم ... الخ. ويستخدم المعدن نفسه كمادة مؤكسدة في صناعة الكلورين والبرومين والأكسجين. وفي إزالة الألوان من الزجاج وفي صناعة البطاريات الكهربائية. ويستخدم المنجنيز كمادة ملونة في صناعة الطوب والفخار والزجاج.

كولومبيت [(Fe,Mn) (Nb, Ta)2 O6] :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائمة ، نظام الهرم المنعكس. يوجد عادة في يهئة بلورات منشورية قصيرة أو مسطحة رقيقة. الصلادة = ٦. الوزن النوعي ٥,٢ – ٧,٩ ، تزيد بازدياد نسبة أكسيد التانتالوم . الانفصام موازي للمسطوح الجانبي {٠١٠}، البريق نصف فلزي. اللون أسود حديدي. المخدس أحمر داكن إلى أسود.

يوجد الكولومبيت في صخور الجرانيت والبجماتيت حيث يصاحب معادن الكوارتز والفلسبار والميكا والتورمالين والبيريل وسبوديومين وكاسيتريت وسمارسكيت وولفراميت وميكروليت ومونازيت.. ولم يعثر على الكولومبيت بمصر بكميات اقتصادية حتى الآن.

يعتبر الكولومبيت من المعادن الاستراتيجية في الوقت الحاضر حيث يستعمل كمصدر هام لعنصري النيوبيوم والتانتالوم اللذين يستخدمان في صناعة سبائك الصلب التي تستعمل في الطائرات النفاثة والأجهزة السريعة الحركة والصواريخ. ويستعمل العنصران أيضا في الأجهزة الكيميائية والطبية (قطع الغيار في جراحة العظم ، والصمامات الاليكترونية). ومن خواص هذين العنصرية قوة مقاومتهما للتآكل الحمضي.

يورانيتيت (UO2):

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب. البلورات في هيئة ثماني الأوجه ولكنها على العموم نادرية. يوجد الأكسيد في هيئة كتلية أو عنقودية مجهرية أو خفية البلورات تعرف باسم بتشبلند Pitchblende. الصلادة = ٥,٥. الوزن النوعي = ٩ – ٩,٧ (عال ومميز) ، أما البتشبلند فيتراوح من ٦,٥ – ٨,٥. البريق نصف فلزي إلى ما يشبه القار أو معتم. اللون أسود. المخدش أسود بني.



التركيب الكيميائي: (UO2) . ويوجد المعدن دائما متأكسدا تأكسدا جزئيا والتركيب الكيميائي الحقيقي يقع بين U8O8، UO2 . وعملية الأكسدة هذه تتم تلقائيا وتعرف باسم الأكسدة التلقائية Auto oxidation. ويظهر التحليل الكيميائي للمعدن وجود كميات بسيطة من الرصاص والعناصر النادرة راديوم ، ثوريوم ، إيتريوم ، نيتروجين ، هيليوم ، أرجون. وينتج من الرصاص التفتت الاشعاعي لليورانيوم واطلاق الاشعاعات المختلفة المعروفة باسم اشعاعات الفا وبيتا وجاما. وخاصية الاشعاع الذري من الخواص المميزة لعناصر اليورانيوم والثوريوم والراديوم. ويوجد بالمعدن نظائر الرصاص Ph206 الناتج من تفتت U238 , Ph205 ، الناتج من تفتت U2085 ، وينطلق مع هذه النواتج يونات الهيلويوم (جسيمات ألفا) واليكترونات (جسيمات بيتا). ويوجد الهيلوم دائما في اليورانينيت. ولما كانت عملية التفتت الاشعاعي تسير بسرعة منتظمة معروفة فإنه يمكن استخدام تجمعات الهيليوم والرصاص الناتجة في معرفة الزمن الذي مضى منذ تكون معدن اليورانينيت. وأول اكتشاف لعنصر الهيليوم على الأرض كان في معدن اليورانينيت ، وكان قد لوحظ وجوده من قبل في طيف الشمس ، وكذلك اكتشف الراديوم في هذا المعدن.

يكشف عن المعدن وكذلك جميع المعادن التي تحتوي على عناصر مشعة واسعة عدادات جيجر = مولر وغرف التأين ، والأجهزة المماثلة التي تتأثر بالاشعاعات الصادرة. يتميز المعدن ببريقه الفلزي (pitchy) ووزنه النوعي العالي ولونه ومخدشه.

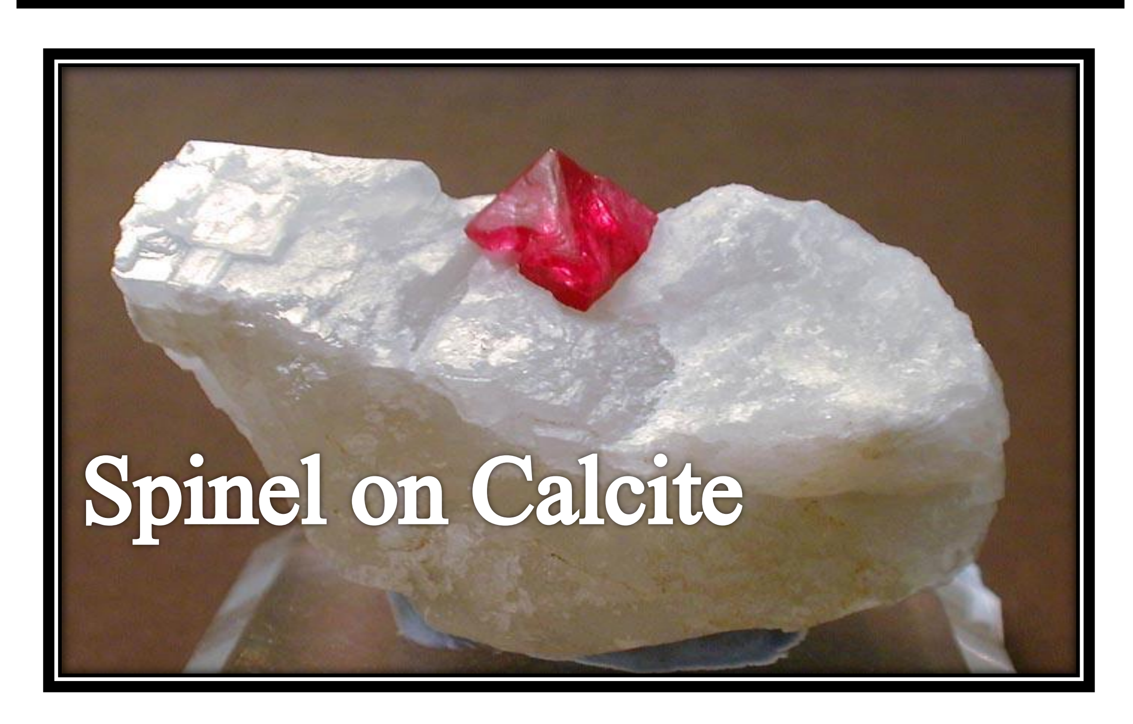
يوجد اليورانينيت كمعدن أولي في الصخور الجرانيتية والبجماتيتية. أما البتشلند فإنه يوجد في العروق الحارة. واليورانينيت والبتشلند من أهم خامات اليورانيوم. واليورانيوم هو المادة الأساسية في إنتاج الطاقة الذرية في الوقت الحاضر ، كما يستخلص الراديوم من هذا المعدن.

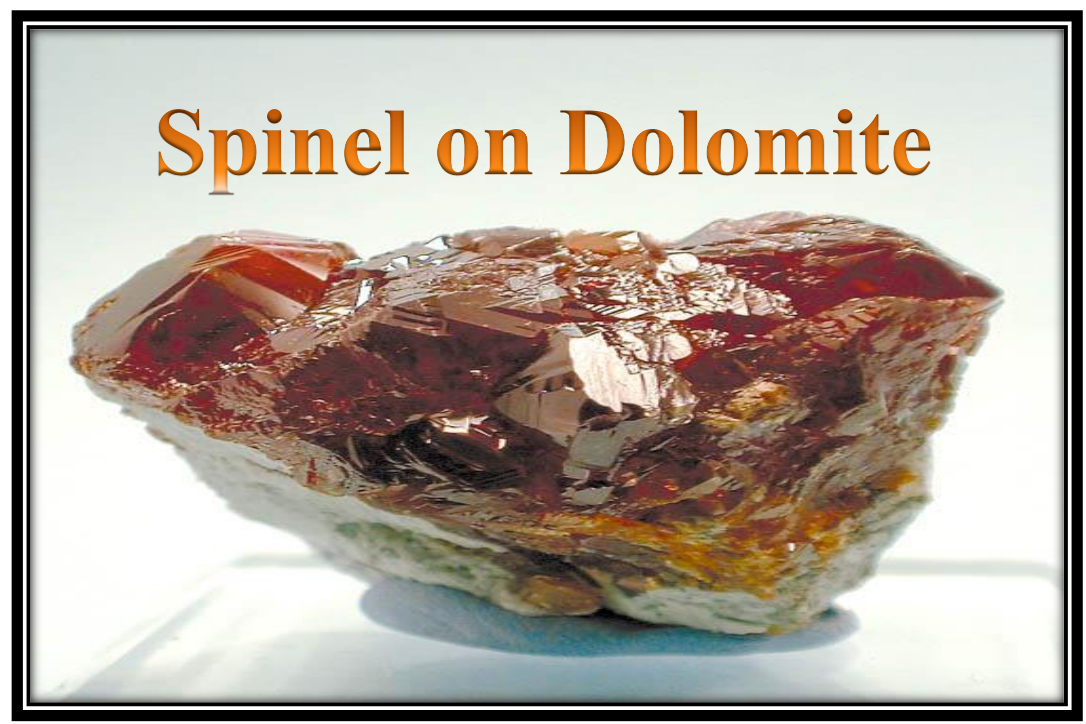
سبينيل (MgAl2O4):

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثماني الأوجه ، عادة في بلورات ثمانية الأوجه. الصلادة = ٨. الوزن النوعي = ٣,٥ – ٤,١ حسب التركيب الكيميائي. ففي حالة التركيب الكيميائي المبين بعاليه ، يساوي الوزن النوعي ٣,٥٥. البريق لا فلزي زجاجي. اللون متغير: أبيض ، أحمر لاوند ، أزرق ، بني ، أسود. المخدش أبيض. نصف شفاف ، وقد يكون شفافا.



سبينيل من المعادن الشائعة في الصخور المتحولة حيث يوجد المعدن في الصخور الجيرية المتبلورة والنيس والسرنتين . ويوجد كذلك كمعدن إضافي في كثير من الصخور النارية القاعدية. ويتكون المعدن عادة نتيجة للتحول الحراري حيث يتواجد المعدن مع معادن فلوجوبيت (ميكانغيسية) ، بيروتيت ، جرافيت ..الخ. ويوجد سبينيل أيضا كحبيبات مستديرة في الرمال النهرية حيث يقاوم العدن – نتيجة لخواصه الفيزيائية – العوامل التحللية والتفتيتية.





تستعمل الأنواع الشفافة من المعدن كحجر كريم في صناعة المجوهرات ، ولكن مثل هذه الأحجار ليست مرتفعة الأسعار نسبيا. ويصنع المعدن بطريقة كيميائية حيث تستعمل الأنواع الشفافة (لا يفرق الصناعي عن الطبيعي من ناحية الجمال) في المجوهرات ، أما النوع العادي فيستعمل في صناعة الحراريات Refractories.

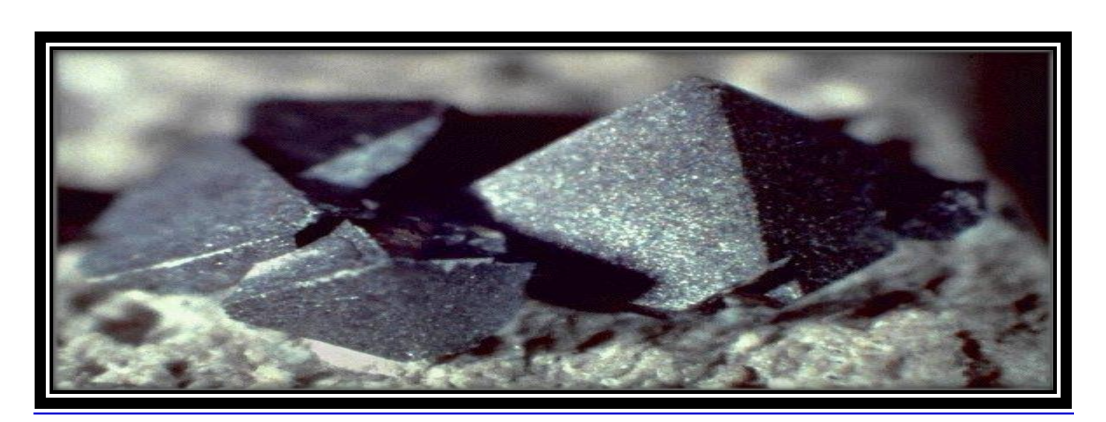
ماجنتيت ($FeFe_2O_4$):

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثماني الأوجه ، عادة في هيئة بلورات ثمانية الأوجه. كذلك يوجد المعدن عادة في هيئة كتلية خشنة أو دقيقة الحبيبات. الصلادة = ٦. الوزن النوعي = ٥,١٨. البريق فلزي ، اللون أسود حديدي ، المخدش أسود. ذو مغناطيسية قوية ، وقد يعمل كمغناطيس طبيعي ويعرف في هذه الحالة باسم لودستون Lodestone أو حجر المغناطيس. معتم.



التركيب الكيميائي Fe_2O_4 أو $FeFe_2O_4$. الحديد = ٧٣,٤% ، الأكجسين = ٢٧,٦%. لا ينصهر. يذوب بطئ في حامض الهيدروكلوريك ويعطي المحلول التفاعلات الخاصة بأيون الحديدوز والحديديك. يتميز المعدن بمغناطيسيته القوية ولونه الأسود وصلادته المرتفعة (٦).

الماجنتيت من الخامات الشائعة للحديد. يوجد منتشرا كمعدن إضافي في معظم الصخور النارية وقد يوجد في بعض الأنواع منها (القاعدية) في هيئة كتل منفصلة قد تصل إلى أحجام كبيرة وتستغل كخام للحديد ، وتحتوي مثل هذه الكتل عادة على عنصر التيتانيوم. وقد يوجد المعدن في الصخور المتحولة المتبلورة والقديمة حيث يوجد المعدن في هيئة عدسات أو طبقات كبيرة. كذلك يوجد المعدن في الرمال السوداء على شواطئ البحار ، كما يوجد المعدن في هيئة بلورات صفائحية أو مجموعات شجرية Dendritite متداخلة بين صفائح الميكا. ويوجد المعدن متداخلا مع معدن الكوراندوم Al_2O_8 مكونا المادة المعروفة باسم إميري Emery.



في مصر يوجد المعدن في وادي كريم مختلطا مع الهيماتيت والسليكا في طبقات ضمن الصخور المتحولة القديمة. وكذلك يوجد المعدن في الرمال السوداء عند رشيد (١٥%) ودمياط والعريش. ويستعمل المعدن كخام هام للحديد.

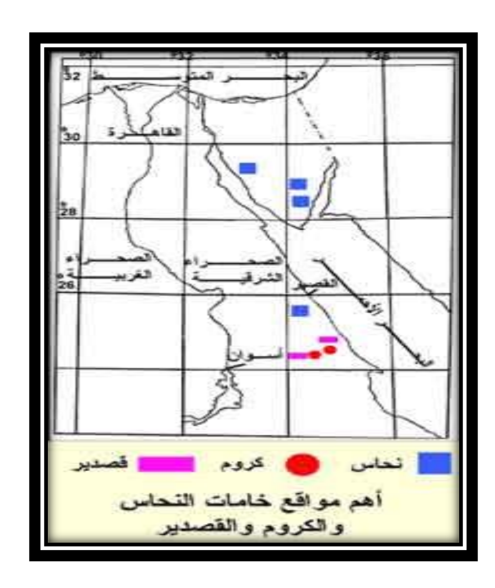
كروميت ($FeCr_2O_4$):

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثماني الأوجه. البلروات عادة ثمانية الأوجه ولكنها نادرة. وويوجد عادة في هيئة كتلية حبيبية أو منضغطة. الصلادة = ٥,٥. الوزن النوعي = ٤,٦. البريق فلزي إلى نصف فلزي ولكنه غالبا كبريق الزفت Pitchy. اللون أسود حديدي إلى أسود بني. المخدش بني داكن. نصف شفاف.

التركيب الكيميائي: $FeCr_2O_4$. أكسيد الحديدوز = ٣٢,٠% ، أكسيد الكروميوم = ٦٨.%. قد يحل المغنسيوم محل الحديدوز ، والألومنيوم والحديديك محل الكروميوم.

الكروميت من المعادن الشائعة في صخور البيريدونيت والسرنتين الناتجة منها حيث انفصل الكروميت من المجما عند بدء تبلورها ، ويعتقد أن رواسب كبيرة من الكروميت قد تكونت بهذه الطريقة ويصاحب الكروميت معادن الأوليفين والسربنتين والكروندوم.

ويوجد الكروميت في جهات متفرقة بالصحراء الشرقية المصرية أهمها منطقة البرامية ورأس السلاطيت وجبل دنقاش وأبو ظهر وأبو مروة حيث يوجد الكروميت في هيئة عدسات ضمن صخور السربنتين والشست التلكي التابعة لحقب البريكامابري.



يستعمل المعدن كممصدر لفلز الكروميوم الذي يستعمل في صناعة الصلب وفي تغطية الفلزات لحفظها ضد التآكل والصدأز وتستعمل قوالب الكروميت بكميات كبيرة في تبطين أفران صهر الفلزات وذلك لخواصها الحرارية

والمتعادلة. وتتكون هذه لاقوالب من خام الكروميت وقار الفحم Coal tar ، أو في بعض الأحيان من الكروميت المخلوط بالكاولين والبوكسيت أو مواد أخرى. ويستخدم الكروميت أيضا في صناعة بعض أنواع البويات الخضراء والصفراء والبرتقالية والحمراء. أما مركبات البيكرومات فإنها تستخدم في عمليات الصباغة ودبغ الجلود.

الأكاسيد المائية:

سوف نصف فيما يلي الأيدروكسيدات الهامة فقط ، وهذه المعادن تكون في العادة ذات نشأة ثانوية

مانجانيت (MnO.OH) :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. نظام المنشور. البلورات معينية كاذبة. وفي العادة توجد البلورات مخططة على أسطح المنشور. كما توجد مرئية في هيئة مجموعات أو حزم (Bundles) التوائم شائعة. الصلادة = ٤. الوزن النوعي = ٤,٣. الانفصام كامل ومواز للمسطوح الجانبي {٠١٠}. المعدن الحديث له بريق نصف فلزي ولون أسود حديدي ومخدش بني أحمر إلى أسود بني. أما المعدن المتحلل فلونه أسود رصاصي مخدشه أسود وبريقه فلزي.





يوجد المعدن في الطبيعة مع غيره من معادن المنجنيز الأكسيدية والتي لها نفس النشأة. كما يوجد المعدن في هيئة كاذبة عقب الكالسيت. ويتحلل المعدن بسهولة إلى البيرولوسيت. يوجد في عرق الصخور الجرانيتية وكذلك مالئا الفجوات وحالا محل الصخور المحيطة. يصاحب المعدن غالبا الكاسيت والباريت.

وفي مصر يوجد المعدن مختلطا مع معادن المنجنيز المختلفة في شبه جزيرة سيناء (أم بجما) والمناطق المحيطة بها والصحراء الشرقية.

جوتيت (HFeO2):

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس البلورات إبرية أو مسطحة كذلك يوجد في هيئة مجموعات كلوية أو استلاكتيتية ذات بلورات شعاعية. الصلادة = ٥,٥. الوزن النوعي = ٤,٢٧ وقد تنخفض إلى ٣,٣ للمعادن الغير نقية. الانفصام كامل وموازي للمسطوح الجانبي {٠١٠}. البريق ماسي أو معتم أو حريري في الأنواع الأليافية أو القشرية. اللون بني أصفر أو بني داكن. المخدش بني أصفر ، يتميز المعدن بمخدشه البني الأصفر. ويفرق عن الميمونيت بوجود انفصام فيه وبلوراته الشعاعية وخواصه البلورية. يوجد المركب (FeO) OH في شكل بلوري آخر. ويسمى المعدن في هذه الحالة باسم لبيدوكروسيت الذي يوجد غالبا مع الجوتيت.



الجوتيت أحد المعادن الشائعة حيث يتكون المعدن في الظروف المؤكسدة نتيجة لتحلل المعادن الحاوية للحديدي. كذلك يترسب المعدن مباشرة من محاليل المياه بالوسائل العضوية أو غير العضوية ، ويتكون المعدن مع بقية أكاسيد الحديد المائية المعروفة باسم ليمونيت في الجزء العلوي المعرض للعوامل الجوية من العروق المعدنية. وتعرف هذه المعادن الحديدية السطحية باسم جوسان Gossan أو الغطاء الحديدي Iron bat. ويوجد الجونيت بكميات كبيرة ضمن رواسبة اللاتيريت Laterite. وهي عبارة عن رواسب متبقية من تحلل صخر السربنتين والصخور القاعدية النارية الغنية بالحديد خصوصا في المناطق الاستوائية ، كما يوجد الجوتيت في هيئة بلورات مكعبة (أشكال كاذبة) ناتجة عن تحلل البيريت وإحلال الجوتيت محله.



وفي مصر يوجد الجوتيت مكونا لجزء كبير من رواسب الحديد بالواحات البحرية مختلطا مع معدن الهيماتيت . كذلك في الواحات الخارجة في هيئة أشكال مكعبة كاذبة عقب البيريت. ويوجد المعدن كذلك مكونا لكثير من الصخور الغطائية في المناطق ذات العروق المعدنية بالصحراء الشرقية.

ليمونيت [Limonite: FeO (OH).nH2O]

هذه المادة ليست معدنا بمعنى الكلمة لأنها تتكون من أكثر من معدن. أي أنها مخلوط من عدة أكاسيد حديد ذات نسب متغيرة مع الماء. وكذلك قد تحتوي على السليكا والطين وأكاسيد المنجنيز ومواد عضوية. وتوجد في هيئة كتلية ترابية أو كروية أو استلاكتيتية. اللون بني أصفر إلى أسود. المخدش بني أصفر. البريق زجاجي أو معتم. يوجد الليمونيت مع الجوتيت في الرواسب الغطائية المعروفة باسم جوسان ، والليمونيت ذو نشأة ثانوية. يستخدم الليمونيت في صناعة البويات الصفراء وكذلك كخام للحديد.



بوكسيت (أكاسيد الألومنيوم المائية):

هذه المادة أيضا ليست معدنا بمعنى الكلمة لأنها تتكون من عدة معادن ألومينية مائية (جسبسيت Gibbsaite ، بوهيميت Boehmite ، دياسبور Diaspore) أني أن البوكسيت في الحقيقة عبارة عن صخر.

يوجد البوكسيت في هيئة كتلة كروية مثل حبات البسلة وكذلك في كتل ترابية أو طينية الشكل. الصلادة من ١ – ٣. الوزن النوعي من ٢ – ٢,٥٥. البريق معتم. اللون أبيض أو رصاصي أو أصفر أو أحمر. يتميز البوكسيت بهيئته الكروية الباسلائية (مثل حبات البسلة).

البوكسيت صخر ذو نشأة ثانوية ويتكون في المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية نتيجة لتحلل الصخور الحاوية للألومنيوم وكذلك الصخور الجيرية الحاوية للطين. ويبدو أنه قد تكون في الأصل في حالة غروية.

يتسعمل البوكسيت كخام للألومنيوم ، كذلك يستعمل في تحضير مركبات الألومنيوم ومواد الصنفرة وطوب البوكسيت.

بسيلوميلين Psilomelane (أكاسيد المنجنيز المائية) :

هذه المادة أيضا ليست معدنا بمعنى الكلمة لأنها تتكون من عدة أنواع معدنية – كما ثبت ذلك بواسطة التحليل الكيميائي والأشعة السينية – وهذه الأنواع متشابهة جميعا وكلها من أصل ثانوي وتتواجد مع معادن المنجنيز والليمونيت والباريت. الصلادة = ٥ – ٧. الوزن النوعي = ٣,٧ – ٤,٧. البريق نصف فلزي. اللون أسود. المخدش أسود بني. معادن معتمة.

يوجد البسيلوميلين في مصر مختلطا مع معادن المنجنيز بشبه جزيرة سيناء (أم بجما والمناطق المحيطة بها) وفي رواسب المنجنيز بالصحراء الشرقية. يستعمل البسيلوملين كخام للمنجنيز.

معادن الهاليدات :

تتميز هذه المعادن التي تعرف باسم الهاليدات Halides بسيادة أيونات الهالوجينات ذات الشحنة الكهربية السالبة وهي –F –Cl –Br j– ، وهذه الأيونات ذات حجم كبير ، وشحنة ضعيفة ويسهل استقطابها. وعندما تتحد هذه الأيونات بأيونات كبيرة نسبيا ذات استقطاب ضعيف وتكافؤ منخفض فإنه كلا من الكاتيونات والأنيونات يعمل كأجسام كروية كاملة تقريبا ، ويؤدي تعبئة مثل هذه الكرات المستديرة إلى بنيات لها أعلى تماثل ممكن ، ولذلك نجد أن الهاليت والسليفيت والفلوريت تتبلور في نظام المكعب الكامل التماثل (سداسي الثماني الأوجه).

وتمثل الهاليدات ميكانيكية الرابطة (Bond) الأيونية خير تمثيل. وذلك نتيجة لأن الشحنات الكهربائية الضعيفة منتشرة على جميع أنحاء سطح الأيونات الكروية تقريبا. والهاليدات المكعبة لها صلادة منخفضة ودرجات انصهار متوسطة وعالية ، كما أنها موصلات رديئة للحرارة والكهرباء في الحالة الصلبة ولكنها موصلات جيدة للكهرباء في حالة السيولة عندما تنصهر.

وعندما تتحد أيونات الهالوجين بكاتيونات أصغر من كاتيونات الفلزات القلوية ولكن أقوى استقطابا فإنه ينتج بنيات ذات تماثل أقل . ويكون للرابطة خواص الرابطة المشتركة Covalent ، ويدخل في مثل هذه البنيات الماء وشق الايدروكسيد كمكونات رئيسية في التركيب الكيميائي. كما في حالة أتاكاميت Atacamite وكارناليت Carnalite.

تضم هذه المجموعة المعادن الآتية:

هاليت NaVl Halite المكعب.
سيلفيت KCl Silvite المكعب.
سيراجيريت Ceragyrite AgCl المكعب.
فلوريت CaF2 Flurite المكعب.
كريوليت Cryolite Na2 AlF6 الميل الواحد.
أتاكاميت Cu8Cl(OH)8 Atacamite المعيني القائم
كارناليت Carnalite KMgCl26H2O المعيني القائم.

هاليت (NaCl) :

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثماني الأوجه. الهيئة مكعبية . يوجد في الطبيعة في هيئة بلورات أو كتل حبيبية متبلورة لها انفصام مكعبي وتعرف باسم الملح الصخري Rock salt. كذلك يوجد في هيئة كتل أرضية حبيبية أو متماسكة. الصلادة = ٢,٥. الوزن النوعي = ٢,١٦. الانفصام كامل مكعبي {٠٠١} ، البريق زجاجي. شفاف اللون أو أبيض أو يميل إلى الأصفر أو الإحمرار أو الزرقة أو البنفسيج وذلك إذا كانت محتويا على بعض الشوائب. المذاق ملحي. شفاف إلى نصف شفاف.

التركيب الكيميائي: كلوريد الصوديوم. الصوديوم = ٣٩,٣% ، الكلورين = ٦٠,٧% ، يحتوي عادة على شوائب مثل كبريتات الكالسيوم والمغنسيوم وكلوريدات الكالسيوم والمغنسيوم. درجة الانصهار = ١,٥. ويكسب اللهب لونا أصفر فاقعا (صوديوم). يذوب الملح بسهولة في الماء . ويعطي المحلول الحمضي (بإضافة حمض النيتريك) مع نترات الفضة راسبا أبيض كثيفا من كلوريد الفضة. يتميز المعدن بانفصامه المكعبي ومذاقه الملحي. الهاليت معدن واسع الانتشار.





وهناك أربع طرق لوجود المعدن في الطبيعة:

١	في هيئة رواسب ذات سمك كبير وانتشار متسع.
٢	في هيئة محلول في البحار والمحيطات والبحيرات المالحة.
٣	في هيئة مادة متزهرة في الأماكن الصحراوية حيث لا يعوض البخر الشديد ما يصل إلى المحلول الملحي من مياه أرضية مذاب فيها الملح ، مثل الرواسب الملحية الموجودة في صحاري أفريقيا وشيلي وبالقرب من بحيرة قارون.
٤	كمادة متسامية تكثفت حول فوهات البراكين.

يوجد الهاليت في الرواسب الملحية مصاحبا معادن الجبس والأنهيدريت والطين والدولوميت. وتوجد هذه الوراسب في الصخور الرسوبية لجميع العصور الجيولوجية. ويعتقد أن هذه الرواسب قد تكونت بانفصال أجزاء من مياه البحر نتيجة لتكون حاجز يفصل بين الخليج المتكون والبحر ، ثم بواسطة التبخير بدأت الأملاح تتركز في المحلول ويهبط المحلول المالح إلى القاع (نتيجة لثقله) ويتعرض الجزء العلوي للبخر ، وتتركز الأملاح ، وهكذا ، حتى وصل المحلول إلى درجة التشبع ، وفي هذه الحالة تترسب المعادن الأقل ذوبانا وتبدأ بكبريتات الكالسيوم ثم يليها كلوريد الصوديوم وهكذا. فإذا كان الخليج على اتصال بالبحر عن طريق فجوة في الحاجز ، وفد إلى الخليج تمويت جديد من مياه البحر لتعويض الفاقد بالتبخير وتستمر عملية الترسيب لتكون رواسب ذات سمك كبير. أما إذا ارتفع الحاجز ليقفل الخليج كلية فإن ماء الخليج يتبخر كله. وتنتهي عملية الترسيب بالأملاح الأكثر ذوبانا مثل مركبات المغنسيوم والبوتاسيوم التي تترسب في النهاية في هيئة مركبات معقدة.

يترسب الهاليت في مصر في الملاحات الكثيرة المنتشرة على ساحل البحر المتوسط عند الاسكندرية ورشيد وبورسعيد ، وكذلك يترسب الهاليت مع الرواسب الملحية في وادي النطرون. ويوجد المعدن أيضا مختلطا مع معادن الجبس والأنهيدريت التابعة لعصر الميوسين والمنتشرة على ساحل البحر الأحمر ، كذلك يوجد المعدن كمادة متزهرة قشرية في بعض المنخفضات في الصحراء الغربية.

يستعمل الهاليت بكميات كبيرة في الأغراض المنزلية وفي صناعة منتجات الألبان وحفظ اللحوم والأسماك. ويستهلك حوالي ٧٠% من الإنتاج السنوي للمعدن في الصناعات الكيميائية لإنتاج الصوديوم ومركباته والكلورين والمساحيق المبيضة .... الخ. وتستعمل كربونات الصوديوم بكميات كبيرة في صناعة الزجاج والصابون بينما تستعمل بيكربونات الصوديوم في الطهي وصناعة الخبز والطب ، أما سيانايد الصوديوم فيستعمل في طريقة السيانيد لاستخلاص الذهب.

سيلفيت (KCl):

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثماني الأوجه ، يغلب وجود شكلي المكعب وثماني الأوجه مجتمعين . يوجد عادة في هيئة كتل حبيبية متبلورة تبين الانفصام المكعب. والبناء الذري للسيلفيت يشبه بناء كلوريد الصوديوم. ولكن نظرا لاختلاف نصف قطر أيون البوتاسيوم (1.33 A) عن نصف قطر أيون الصوديوم (0.97 A) فإن المحلول الجامد Solid Solution بين المركبين قليل. الصلادة = ٢. الوزن النوعي = ١,٩٩. الانفصام مكعبي كامل {١٠٠} شفاف في الحالة النقية. عديم اللون أو أبيض. ولكن قد يكون ملونا بألوان مائلة للزرقة أو الاصفرار أو الاحمرار تبعا لنوع الشوائب الموجودة . يذوب في الماء بسهولة. المذاق ملحي ولكنه أكثر مرارة من الهاليت. يتميز المعدن عن الهاليت بلونه البنفسجي ، وبمذاقه الأكثر مرارة.

للسيليفيت نفس طريقة النشأة وأماكن الوجود والمعادن المصاحبة مثل الهاليت ولكنه أكثر ندرة منه. ويبقى السيلفيت في المحلول المشبع إلى ما بعد تبلور الهاليت حتى يترسب مع المعادن المتأخرة في التبلور. يعتبر السلفيت أهم مصدر لمركبات البوتاسيوم التي تستعمل بكثرة في أغراض التسميد.

سيرارجيريت (AgCl):

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثماني الأوجه. الهيئة مكعبية ولكن البلورات نادرة. يوجد غالبا في هيئة كتلية مثل الشمع ، كذلك يوجد في هيئة قشور ورقائق. الصلادة = ٢ – ٣. الوزن النوعي = ٥,٥. سهل التقشير. شفاف إلى نصف شفاف. اللون رمادي لؤلؤي أو عديم اللون. يتغير لونه بسرعة إلى البني المائل إلى بنفسجي عند تعرضه للضوء.

يعتبر سيرارجيريت خاما ثانويا هاما لفلز الفضة . ويوجد فقط في نطاق الأثراء Enrichment العلوي لعروق الفضة ، حيث تفاعلت المياه الأرضية المحملة بقليل من الكلورين مع نواتج عملية الأكسدة للخامات الأولية

للفضة في العرق. يصاحب سيرارجيريت معادن الفضة الأخرى ، والفضة العنصرية ، والسيروميت ، والمعادن الثانوية بصفة عامة.

فلوريت (CaF2):

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب ، نظام سداسي الثماني الأوجه . يوجد في هيئة مكعبات ، غالبا توأمية حسب القانون {١١١} وتنتج توائم متداخلة. يوجد المعدن غالبا في هيئة بلورات مكعبية ، أو كتل ناتجة من الانفصام. كذلك يوجد في هيئة كتلية دقيقة أو خشنة الحبيبات وكذلك في هيئة مجموعات عمدانية.

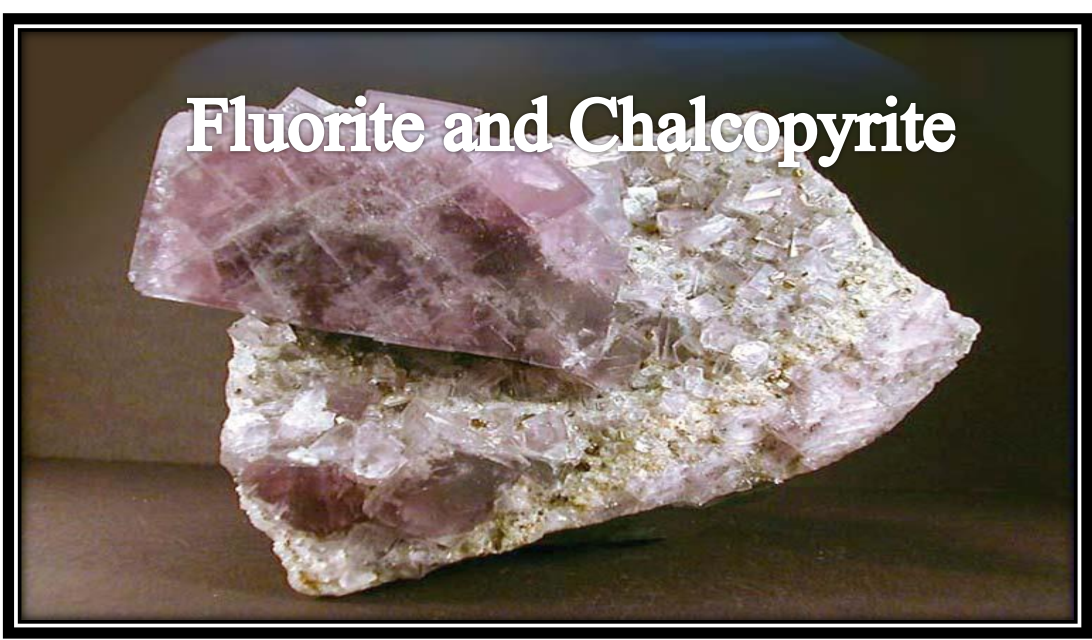
الصلادة = ٤. الوزن النوعي = ٣,١٨. الانفصام كامل {١١١}. شفاف أو نصف شفاف. البريق زجاجي. اللون يختلف كثيرا والألوان الأكثر إنتشارا هي الأخضر الفاتح أو الأصفر أو الأخضر المائل إلى الزرقة أو الأرجواني، كذل توجد أنواع شفافة أوبيضاء أو وردية أو زرقاء أو خضراء. وقد تكون البلورة الواحدة ذات ألوان عدة مرتبة في هيئة صفوف ، ولبعض البلورات خاصية التفلز Fluorescence التي اشتقت اسمها من اسم المعدن.



التركيب الكيميائي: فلوريد الكالسيوم (CaF2) ، الكالسيوم = ٥١,٣% ، الفورين = ٤٨,٧%. درجة انصهار المعدن = ٣. يلون اللهب بلون أحمر (كالسيوم). إذا سخن مخلوط المعدن مع بيكربونات البوتاسيوم في أنبوبة زجاجية تصاعد غاز حامض الهيدروفلوريك الذي "يأكل" etches في زجاج الأنبوبة وينتج عن ذلك ترسيب راسب أبيض من السليكا على جدار الأنبوبة. يمكن التعرف على المعدن عادة ببلوراته المكعبة وانفصامه الثماني الأوجه ، كذلك ببريقه الزجاجي وألوانه المميزة وخدشه بالمبراة.

الفلوريت من المعادن الشائعة الواسعة الانتشار. فقد يوجد المعدن في العروق مكونا معظمها . أو مكونا المعدن الأرضي في العروق الحاوية للخامات الفلزية خصوصا العروق الفضية والرصاصية ، كذلك يوجد المعدن في الصخور الجيرية والدولوميتية ، كما يوجد كمعدن إضافي قليل في بعض أنواع الصخور النارية والبجماتيت. يصاحب المعدن عادة معادن كثيرة مختلفة مثل الكالسيت والدولوميت والجبس والسيليستيت والباريت والكوارتز والجالينا وسفاليريت وكاسيتريت والتوباز والتورمالين والأباتيت.






Fluorite on Quartz


Fluorite with Barite and Calcite


Octahedral Fluorite



وأهم المناطق التي يوجد بها المعدن في مصر هي العجلى والعنيجي بالصحراء الشرقية ، حيث يوجد المعدن في هيئة عروق أو أجسام عدسية الشكل في صخور الجرانيت والديوريت. كذلك يوجد المعدن كمعدن أرضي في العروق الحاملة للقصدير والتنجستين في مناطق أو دباب ونويبع والمويلحة وزرقة النعام.

يستعمل الفلوريت أساسا كمادة صاهرة Flux في صناعة الصلب ، كذلك يستعمل في صناعة الزجاج الأوبالي. وفي طلاء أدواء الطهي ، وفي تحضير الهيدروفلوريك. وتستخدم كميات بسيطة من المعدن البصري (النوع الشفاف الخالي من العيوب) في صناعة العدسات والمنشورات Prisms التي تستعمل في الأجهزة البصرية.

كريوليت (Na8AlF6):

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات نادرة وغالبا يوجد المعدن في هيئة كتلية. الصلادة = ٢,٥. الوزن النوعي = ٢,٩٥ – ٣. يوجد بالمعدن مستويات انفصال في ثلاثة اتجاهات متعامدة تقريبا. البريق زجاجي أو شحمي شفاف أو أبيض مثل الثلج . يشبه المعدن شمع البرافين نظرا لانخفاض معامل انكساره الذي يقرب من معامل انكسار الماء. ولذلك فإن مسحوق المعدن يختفي تقريبا إذا وضع في الماء.

يوجد المعدن بكميات كثيرة في هئة عروق في الجرانيت حيث يصاحب المعدن معادن سيدبريت وجالينا وسفاليريت وكالكوبيريت. يستخدم المعدن كمادة صاهرة في الصناعة الفلزية.

أتاكاميت [Ca2Cl(OH)2]:

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس. البلورات عادة ذات هيئة منشورية رفيعة ومخططة راسيا ، كما توجد بلورات في هيئة نضدية (مسطحة) موازية للمسطوح الجانبي. يوجد المعدن عادة في مجموعات متبلورة أليافية أو حبيبية (مثل الرمل) ، الصلادة = ٣ – ٣,٥. الوزن النوعي = ٣,٧٥ – ٣,٧٧. الانفصام كامل وموازي للمسطوح الجانبي {٠١٠}. البريق ألماسي أو زجاجي. اللون أخضر شفاف أو نصف شفاف. ويفرق المعدن عن الملاكيت بعدم فورانه مع حامض الهيدروكلوريك.





وفي مصر يوجد الأتاكاميت مع معادن النحاس في منطقة حمش بجنوب الصحراء الشرقية وفي سيناء.

يستخدم المعدن كخام بسيط للنحاس.

كارانالت (KMgCl8.6H2O):

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم. نظام الهرم المنعكس. البلورات نادرة ويوجد عادة في هيئة كتلية أو حبيبية. الصلادة = ١. الوزن النوعي = ١,٦. البريق لا فلزي ، لامع أو شحمي. اللون أبيض مثل اللبن ولكنه يكون عادة مائلا للاحمرار نتيجة لوجود متنفات من الهيماتيت. شفاف أو نصف شفاف. المذاق مر. يمتص الماء. يوجد المعدن مصاحبا هاليت وسيلفيت ، وغيرهما من الأملاح ، في الرواسب الملحية, يستعمل المعدن كمصدر لمركبات البوتاسيوم والمغنسيوم.

المعادن الكربوناتية :

(والنترانية والبوراتية)

عندما يتحد الكربون بالأكسجين ، يكون لـه رغبة قوية في الارتباط بذرتين من الأكسجين وذلك بمشاركته لاثنين من اليكتروناته الأربعة مع كل من ذرتي الأكسجين ويكون وحدة كيميائية مستقرة هي جزئ ثاني أكسيد الكربون.

وفي الطبيعة يتحد الكربون بالأكسجين أيضا ليكون أيون الكربونات CO32- ولما كانت نسبة نصف قطر الكربون إلى نصف قطر الأكسجين تساوي ٠,١٢١ ، فإن هذا يتطلب أن يكون عدد أيونات الأكسجين التي تتناسق حول أيون الكربون تساوي ثلاثة. ولما كانت شحنة الكربون ٤ (+) في حين أن شحن الأكسجين تساوي ٢(−) ، فإن هذا يؤدي إلى ارتباط ثلاث ذرات أكسجين بذرة كربون برباط مشترك قوي. وتنتج وحدات بنائية مستقلة (في شكل مثلث) هي الكربونات ذات شحنتين كهربائيتين سالبتين. وتكون هذه المجموعة الكربوناتية المثلثية الشكل والمسطحة الوحدات البنائية الأساسية في جميع المعادن الكربوناتية. وهي المسئولة إلى حد كبير عن وجود الخواص المميزة لمعادن هذا القسم.

والرابطة التي تربط بين الكربون والأكسجين في أيون الكربونات ولو أنها قوية إلا أنها ليست بمقل القوة التي للرابطة المشتركة بين الكربون والأكسجين في جزئ ثاني أكسيد الكربون. وفي وجود أيون الأيدروجين يصبح شق الكربونات غير مستقر وينهار ليعطي ثاني أكسيد الكربون والماء. وعدم الاستقرار هذا هو سبب التفاعلات المصحوبة بفوران عند اختبار الكربونات بالأحماض.

وعندما تتحد مجموعات الكربونات بكاتيونات ثنائية التكافؤ لها نصف قطر يجعل عدد التناسق يساوي ٦. فإن هذا يؤدي إلى بناء ذي تماثل هندسي بسيط. وفي مثل هذا البناء ، الذي يمكن أن نطلق عليه نمط الكالسيت Calcite type تتبادل رقائق كاتيونات الفلز مع أنيونات الكربونات. ويمكن أن ننظر إلى الكالسيت على أن بناءه في شكل بناء كلوريد الصوديوم المشوه ، حيث استبدلت ذرات الصوديوم بذرات الكالسيوم وذرات الكلورين بالكربونات ، ونتخيل مكعب كلوريد الصوديوم وقد رفع رأسيا على أحد محاوره التماثلية الثلاثية. ثم ضغط على طول هذا المحور حتى تعمل الأوجه مع بعضها البعض زوايا مقدارها ٥٥- ٧٤° بدلا من ٩٠° في المكعب. وفي هذه الحالة يصبح المحور الرأسي هو المحور الثلاثي الوحيد في بلورة الكالسيت ويتعامد على الرقائق المتبادلة من أيونات الكالسيوم والكربونات. ويؤدي شكل أيونات الكربونات المسطحة التي حلت على

أيونات الكلورين الكروية إلى الهبوط بالتماثل البلوري من المكعب في الهاليت إلى معيني الأوجه في الكالسيت. ويلاحظ أن الانقسام المميز لمعادن مجموعة الكالسيت حيث انفصام الهاليت ، يوازي المستويات الأكثر ابتعادا عن بعضها البعض. والآهلة بالذرات ، ولكن نظرا لتتمثال الأدنى فان الانفصام يكون معيني الأوجه وليس مكعبيا.

وبالرغم من أن الرابطة التي تربط الكربون بالأكسجين في شق الكربونات هي من النوع المشترك القوي ، فإن الرابطة التي تربط الكربونات كملها (كأيون ذي شحنتين) بأيونات الفلز هي من النوع الأيوني البسيط (electrovalent) وأن خواص معادن مجموعة الكالسيت تتحكم فيها وتظهرها إلى درجة كبيرة أيونات الفلز. فمثلا ، يتناسب الوزن النوعي لمعظم المعادن في هذه المجموعة تناسبا طريدا مع الوزن الذري للكاتيون . والاستثناء الوحيد هو المغنسيوم. الذي له حجم صغير جدا نسبيا يجعله أكثر تعبئة ، وعلى ذلك تكون كربوناته – معدن الماجنزيت – أعلى كثافة من كربونات أيون الكالسيوم الأثقل ذريا ولكن أكبر حجما.

ونظرا لأن جميع أفراد مجموعة الكالسيت متشابه البناء ، فإن خاصية الاستبدال (الاحلال) تكون ممكنة بين أيونات الفلزات ، وذلك في حدود أحجامها النسبية. فمثلا أيون الحديدوز (٠,٧٤ ٨) ، وأيون المنجنيز الثنائي التكافؤ (٠,٨٠ ٨) ، وأيون المغنسيوم (٠,٦٦ ٨) يمكن أن تحل محل بعضها البعض وتنتج موادا وسطا في التركيب الكيميائي بين المركبات النقية: سيديريت (كربونات الحديدوز) ، رودو كدوزيت (كربونات المنجنيز) ، ماجنزيت (كربونات المغنسيوم) ، وتتغير خواصها الفيزيائية تبعا لنسبة كمية كل من هذه الأيونات الثلاثة. أما احلال هذه الأيونات محل الكالسيوم فليس كاملا – كما هو الحال فيما بينها – وذلك نتيجة لكبر حجم أيون الكالسيوم (٠,٩٩ ٨).

أما إحلال الكالسيوم محل المغنسيوم أو المغنسيوم محل الكالسيوم فهو شئ صعب بصفة خاصة ، وذلك بسبب الفرق الكبير بين نصف القطرين (٢٣%). فإذا أجريت محاولة لانماء بلورات الماجنزيت أو الكالسيت في وجود وسط ذي تركيز عالي من أيونات الكالسيوم والمغنسيوم ، فإننا لا نحصل على محلول جامد Solid Solution ، بل تنتج بلورات طبقية مكونة من رقائق من أيونات الكربونات متبادلة مرة مع رقيقة من أيونات المغنسيوم ومرة أخرى مع رقيقة من أيونات الكالسيوم. وهذا البناء هو معدن الدولميت ، وهو يعتبر مثلا جيدا لتكويت الأملاح المزدوجة. وعلى ذلك فبناء الدولوميت مشابه لبناء الكالسيت حيث توجد طبقات أو رقائق الكاتيونات المتعامدة على المحور ج متبادلة مع طبقات أيونات الكربونات ، ولكن طبقات الكاتيونات هذه في الدولوميت تتكون من الكالسيوم والمغنسيوم بالتبادل. وعندما يتحد أيون الكربونات مع أيونات كبيرة ثنائية التكافؤ ، فإن نسبة نصفي القطرين لا تسمح بعدد التناسق ٦ المستقر. وينتج بناء آخر معيني قائم. وهذا هو نمط بناء الأراجونتي.

ويلاحظ أن المحاليل الجامدة في مجموعة الأراجونيت محدودة بعض الشئ إذا قورنت بتلك الموجودة في مجموعة الكالسيت. ومما هو جدير بالاهتمام أن الكالسيوم والباريوم ، أصغر الأيونات وأكبرها على التوالي في

المجموعة ، يكونان ملحا مزدوجات مشابها للدولوميت. واختلاف الخواص الفيزيائية بين معادن يتناسب الوزن النوعي تناسبا طرديا تقريبا مع الوزن الذري لأيون الفلز.

ويمكن تصنيف المعادن الكربوناتية لسهولة البحث والدراسة إلى الأقسام التالية:

١ـ كربونات عادية لا مائية.

٢ـ كربونات عادية مائية.

٣ـ كربونات تحتوي على الهيدروكسيد.

١ ـ كربونات عادية لا مائية:

أ- مجموعة الكالسيت :
كالسيت CaCO3 Calcite الثلاثي
ماجنزيت MgCO3 Magnesite الثلاثي
سيديريت FeCO3 Siderite الثلاثي
رودوكروزيت MnCO3 Rhodochrosite الثلاثي
سميثسونيت ZnCO3 Smithsonite الثلاثي
ب- مجموعة الأراجونيت :
أراجونيت Aragonite CaCO3 المعيني القائم
ويذيريت BaCO3 Witherite المعيني القائم
سترونشينيت SrCO3 Strontianite المعيني القائم
ستروسيت PbCO3 Cerussite المعيني القائم.
ج- مجموعة الدولوميت :
دولوميت CaMg(CO3)12 Dolomite الثلاثي

٢ ـ كربونات عادية مائية:

نطرون Na2CO3-1IO H2O Natron الميل الواحد
٣ـ كربونات تحتوي على الهيدروكسيد
ملاكيت Cu2CO3(OH)2 Malachite الميل الواحد
أزوريت Cu3(CO3)2(OH)3 Azurite الميل الواحد.

١ ـ كربونات عادية لا مائية :

أ- مجموعة كالسيت:

تتكون هذه المجموعة من كربونات عناصر الكالسيوم والمغنسيوم والحديد (ثنائي التكافؤ) والمنجنيز والزنك التي تتبلور في فصيلة الثلاثي. نظام المثلثات الوجهية الثلاثية المزدوجة. وتنفصم هذه المعادن كلها انفصاما معيني الاوجه كاملا. وتختلف الزاوية بين مستويات الانفصام من ٧٢ 75° – ° . وتعتبر هذه المجموعة مثالا لمجموعات المعادن ذات التشابه البنائي Isostructural.

كالسيت (CaCO3):

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي . نظام المثلثات الوجهية الثلاثية المزدوجة ، وتوجد البلوات في هيئة كثيرة متعددة .

وأهم هذه الهيئات الأنواع الثلاثة التالية:

١- هيئة معينية الأوجه ، حيث توجد الأشكال المعينية الأوجه بصفة رئيسية. وكلا النوعين – المفلطح والحاد – كثير الانتشار.

٢- هيئة منشورية ، منشورات قصيرة ، أو طويلة ، أهم شكل فيها هو المنشور ، وقد ينتهي بالمسطوح القاعدي أو بمعيني الأوجه.

٣- هيئة المثلثات الوجهية ، حيث توجد الأشكال المثلية الأوجه بصفة غالبة .

وتوجد جميع المجموعات الشكلية الممكنة على البلورات في الطبيعة. توجد بعض البلورات توأمية. قد يكون مستوى التوأم {٢١١١¯} أو {١٠٠٠} أو {١٠١¯١} في حالات قليلة.



ويوجد الكالسيت في الطبيعة في هيئة بلورات ، وكذلك في هيئة كتلية حبيبية أو متماسكة أو ترابية أو بطروخية. الصلادة = ٣. الوزن النوعي = ٢,٧٢. الانفصام كامل وموازي لمعيني الأوجه {١٠١¯١} (زاوية الانفصام = ٥٥¯ ٧٤°) . ينفصل المعدن في مستويات التوائم الصفحية {٢¯١١٠}. البريق زجاجي أو معتم. اللون عادة أبيض أو شفاف ، ولكنه قد يكون مائلا إلى الرمادي. أو أحمرا أو أزرقا ، أو أخضرا أو أصفرا. كذلك قد يكون اللون بنيا أو أسودا ، وذلك عندما يكون المعدن غير نقي. شفاف أو نصف شفاف . يظهر المعدن خاصية الانكسار المزدوج بوضوح. تعرف الأنواع الشفافة النقية كيميائية وبصريا باسم أيسلاند سبار Icelandspar .



التركيب الكيميائي: كربونات الكالسيوم CaCO3 ، أكسيد الكالسيوم = ٥٦,٠% ، ثاني أكسيد الكربون = ٤٤,٠% ، قد يحل المنجنيز والحديد (ثنائي التكافؤ) محل الكلاسيوم ، وتوجد متسلسلة كاملة بين الكالسيت ورودو كروزيت ، ومتسلسلة جزئية بين الكالسيت وسميثسونيت ويحل المغنسيوم محل الكالسيوم ولكن بكميات بسيطة. يتفاعل المعدن بفوران مع حامض الهيدروكلوريك المخفف البارد.

يتميز المعدن بصلادته (٣) ، وانفصامه الكامل ولونه الفاتح وبريقه الزجاجي. يفرق المعدن عن الدولوميت بتفاعله وحدون فوران مع حامض الهيدروكلوريك المخفف البارد في حين لا يتفاعل الدولوميت. ويفرق المعدن عن الأراجونيت بوزنه النوعي الأقل ، وانفصامه المعيني الأوجه ، واختبار "ميجن" الكيميائية Meigen's test ، وهو عبارة عن غلي مسحوق المعدن في محلول نترات الكوبالت فنجد أن الكالسيت لا يتغير لونه أو يتحول إلى أصفر باهت ، في حين يتخذ معدن أراجونيت لونا أحمر Lilac-red. الكالسيت أحد المعادن الشائعة والواسعة الانتشار في الطبيعة.

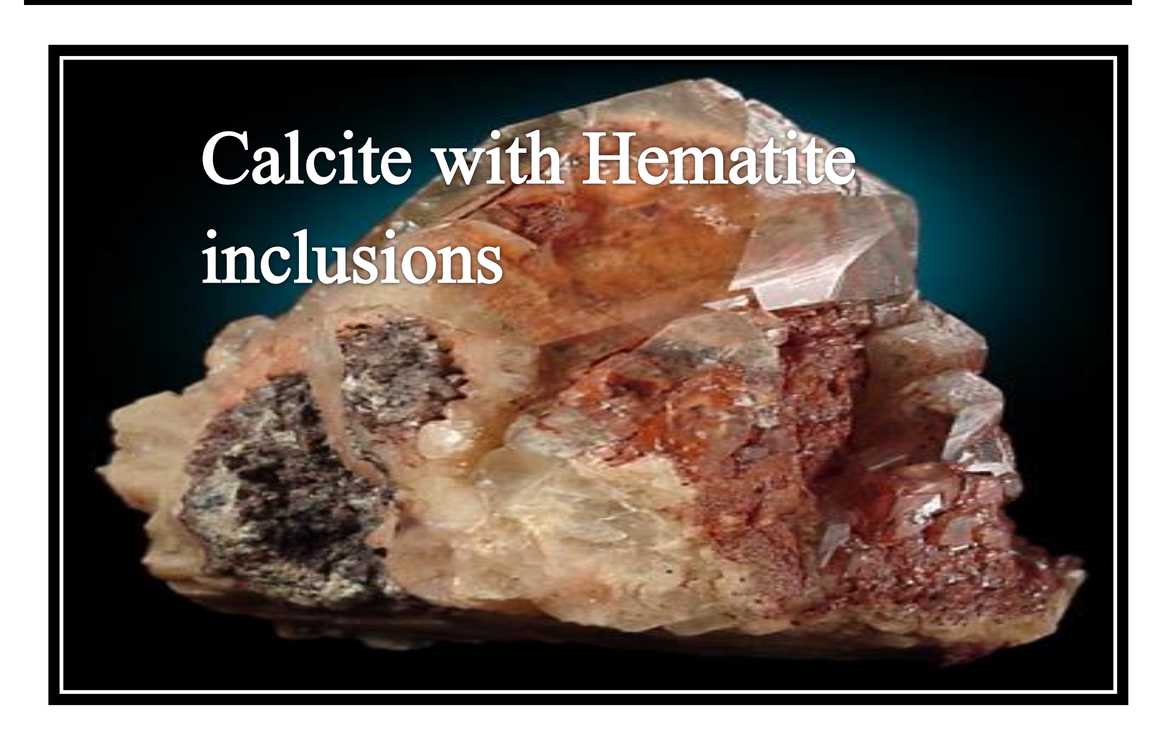
ويمكن تصنيف الأنواع المختلفة من الكالسيت حسب وجودها في الطبيعة إلى الأقسام التالية:

١- الكالسيت العادي ، ٢- الأحجار الجيرية ، ٣- الطباشير والطفل الجيري ، ٤- رواسب الينابيع والكهوف الجيرية ، ٥- الرخام ، ٦- معدن اضافي في بعض أنواع الصخور النارية ، ٧- معدن أرضي في العروق المائية الحارة.

١ - الكالسيت العادي: وتشمل هذه المجموعة البلورات المختلفة ذات الانفصام الواضح ، ومن أمثلتها: معدن أسنان الكلب Dog-teeth Spar (مثلثات وجهية) ، أيسلاند سبار Icelandspar (شفاف) ، ساتنسبار Satinspar (ألياف).







٢- الأحجار الجيرية: الكالسيت هو المعدن الرئيسي المكون للصخور الجيرية الشائعة الوجود في الكرة الأرضية ، وهي صخور كتلية معتمة متماسكة قد تكون حبيباتها خشنة أو دقيقة أو مكونة من قطع مكسرة. ومن أنواع الصخور الجيرية: الصخور الجيرية المتماسكة Compact ، والصخور الجيرية المغنيسية أو الدولوميتية ، والصخور الجيرية المائية (تحتوي على نسبة ١٠ – ١٤% ماء) ، والتي تستعمل بكثرة في صناعة الأسمنت ، والصخور الجيرية الليثوجرافية (دقيقة الحبيبات ومناسبة في بعض أغراض الطباعة) ، والصخور الجيرية البيتومينية Bitomirous ، والتي تحتوي على نسبة من المواد العضوية ، والصخور الجيرية الدفية المعروفة باسم كوكينا Coquina وهي عبارة عن كتل من بقايا أصداف الحيوانات وقد تماسكت ، والصخور الجيرية البطروخية ، والصخور الجيرية الباسلاتية Pisolitie ، وحبيباتها مستديرة في حجم حبات الباسلاء (البسلة).

٣- الطباشير والطفل الجيري: وهي عبارة عن صخور رخوة ترابية الهيئة أما الطباشير فيتكون من بقايا أصداف تعرف باسم فورامينفرا ، وأما الطفل الجيري Marl ، فإنه يتكون من مخلوط من الجير والطين والرمل.

٤- رواسب الينابيع والكهوف الجيرية: وهذه ناتجة من فقدان غاز ثاني اكسيد الكربون من المحاليل الحاملة له ، وينتج عن ذلك تحول بيكربونات الكالسيوم الذائبة إلى كربونات كالسيوم غير قابلة للذوبان في الماء ، فترسب في هيئة أنواع مختلفة من رواسب الكالسيت أهمها:

أ- الترافرتين والسنتر الجيري والتوفا الجيرية ، وعي عبارة عن رواسب مسامية قد تحوي بعض أنواع أو زهور النباتات أو بقايا عضوية أخرى ، وتترسب حول الينابيع أو على جانبي الجداول والمياه الجارية.

ب- الاستلاكتيت والأستلاجميت ، وهي الرواسب الجيرية العمداينة المخروطية الشكل المتدلية من سقوف الكهوف أو القائمة على أرضيتها.





ج- الألاباستر المصري Egyptian Albaster ، راسب جيري ذو العروق والصفوف المتموجة بين الأبيض ولون عسل النحل (تطلق كلمة الأباستر في الدول الغربية على نوع من أنواع الجبس). وقد تكون في الكهوف ومستويات الصدوع في الحجر الجيري الطباشيري الأيوسيني.



٥- الرخام: يوجد الكالسيت في هيئة حبيبات دقيقة أو خشنة في هذه الصخور الجيرية المتبلورة بالتحول الحراري

٦- في الصخور النارية: قد يوجد الكالسيت في حالات قليلة كمعدن غير أساسية أولي ، أو أساسي في حالات نادرة (صخور الكربوناتيت) ، ولكن في كثير من الحالات ينتج المعدن في الصخور النارية كمعدن ثانوي ناتج من تحلل بعض المعادن الحاوية للكالسيوم بواسطة العوامل الجوية.

٧- في العروق المائية الحارة: يوجد الكالسيت كمعدن أرضي في بعض أنواع العروق الحاملة للخامات امعدنيت ، ويكون في هذه الحالة في هيئة بلورات.

وفي مصر يوجد الحجر الجيري بكميات كبيرة في أنحاء متعددة من الجمهورية. ويستعمل في أغراض البناء وكخام يدخل في صناعة الأسمنت . أما الرخام والألاباستر فيستغل من عدة محاجر عند إدفو وبني سويف وأسيوط وأجزان الفول وبعض المناطق بالصحراء الشرقية.

وتوجد بعض عروق الكالسيت في الصحراء الشرقية ، ولكن بلوراتها ليست من النوع الشفاف الذي يستعمل في الأغراض البصرية.

ماجنزيزيت (MgCO3):

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام المثلثات الوجهية الثلاثية المزدوجة. يندر وجود البلورات ، يوجد المعدن عادة في هيئة مجهرية التبلورة ترابية بيضاء. الصلادة = ٣,٥ – ٤,٥. الوزن النوعي = ٣ – ٣,٢. الانفصام معيني كامل {١٠¯١١} ، زاوية الانفصام = ٧٢°٣٥¯. البريق زجاجي ، اللون أبيض أو رصاصي أو أصفر أو بني شفاف أو نصف شفاف.



التركيب الكيميائي: كربونات المغنسيوم MgCO3. أكسيد المغنسيوم = ٤٨,٨% ، ثاني أكسيد الكربون = ٥٢,٥% ، يحل الحديد (ثنائي التكافؤ) محل المغنسيوم وتوجد متسلسلة كاملة متشابهة الأشكال بين

الماجنزيت والسيدريت ، قد يحتوي المعدن أيضا على كميات بسيطة من الكالسيوم والمنجنيز. لا يذوب المعدن في الحامض البارد ، ولكنه يذوب بفوران شديد في الحامض الساخن.

يوجد الماجنزيت عادة في العروق الناشئة من تحلل معدن السربنتين بواسطة المياه الحاملة لثاني اكسيد الكربون.ومعظم هذه الرواسبة كتلية متماسكة وفي هيئة غروية وتحتوي عادة على رواسب سيليكية. أما النوع المتبلور من الماجنيزيت فيعتقد أنه تكون بالترسيب والاحلال محل الصخور الجيرية والدولوميتية حيث حل المغنسيوم محل الكالسيوم.

يوجد الماجنيزيت في مصر في مناطق مختلفة بالصحراء الشرقية مصاحبا صخور السرنبتين حيث نشأ المعدن منها بالتحلل ، وأهم هذه المناطق: البرامية وجبل الميت وجبل الجرف بالصحراء الشرقية.

يستخدم الماجنزيت في صناعة اطوب المغنيزي الحراري الذي يستعمل في تبطين أفران صهر الفلزات من الداخل. وكذلك يستعمل المعدن في صناعة أملاح المغنسيوم ، كما أن المعدن مصدر لعنصر المغنسيوم.

سيديريت (FeCO8) :

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي. نظام المثلثات الوجهية الثلاثية المزدوجة توجد البلورات المعينية الأوجه. ويوجد المعدن كذلك في هيئة كرات مستديرة أو حبيبات أو عنقودي أو متماسك أو ترابي. الصلادة = ٣,٥ – ٤. الوزن النوعي = ٣,٩٦ (المعدن النقي) ولكنها تقل بوجود المنجنيز (ثنائي التكافؤ) والمغنسيوم. الانفصام معيني كامل {١٠١¯١} (زاوية الانفصام =٧٣°) البريق زجاجيز اللون بني فاتح إلى داكن. شفاف أو نصف شفاف. المخدش أبيض أو مائل للاصفرار.

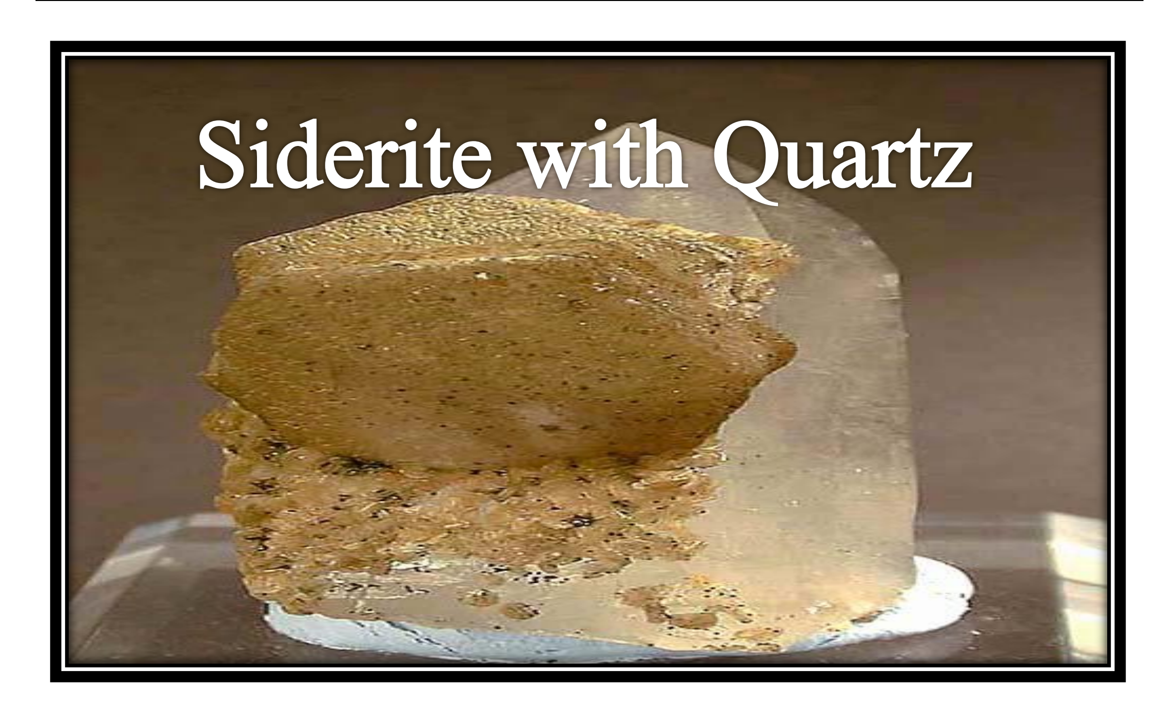


التركيب الكيميائي: كربونات الحديدوز (FeCO8) ، أكسيد الحديدوز = ٦٢,١% ، ثاني أكسيد الكربون = ٣٧,٩% ، الحديد = ٤٨,٢%. قد يوجد المنجنيز والمغنسيوم حالين محل الحديدوز ، وتمتد المتسلسلة الكامة في التشابه الشكلي بين المعدن وبين الماجنيزيت والرودوكروزيت. المعدن صعب الإنصهار ويتحول إلى كتلة مغناطيسية بالتسخين. يذوب المعدن في حامض الهيدروكلوريك الساخن المصحوب بحدوث فوران ، ويعطي المحلول مع سيانيد الحديديك والبوتاسيوم راسبا أزرقا داكنا (دليل على وجود الحديدوز). يتحلل المعدن إلى أكاسيد الحديد المائية "ليمونيت" التي تأخذ غالبا شكلا كاذبا عقب السيدريت.

يوجد السيديريت غالبا في هيئة رواسب تعرف باسم الصخر الحديدي الطيني Clay ironstone ، حيث توجد بها شوائب من المواد الطيينية في هيئة كرات ذات طبقات دائرية ، كذلك توجد رواسب من المعدن مختلطة مع مواد كربونية لا يوجد المعدن في الصخور الجيرية نتيجة لاحلال الجير بواسطة محاليل الحديدوز ، وتعتبر هذه الرواسب ذات قيمة اقتصادية نظرا لوجودها بكميات ضخمة ، أما النوع المتبلور من السيديريت فيوجد في العروق المائية الحارة حيث يتواجد مع الخامات الفلزية المختلفة مثل خامات معادن الفضة والبيريت والكالكوبيريت وتتراهيدريت وجالينا.



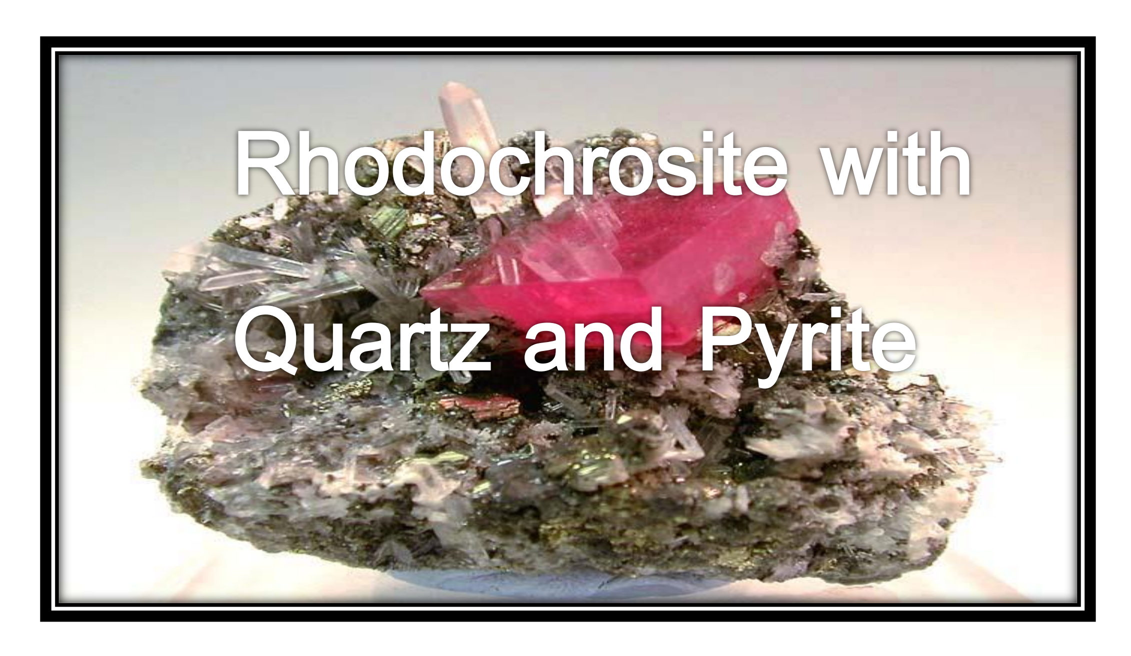
يوجد المعدن في بعض العروق المائية الحارة في الصحراء الشرقية الجنوبية.



روودوكروزيت (MnCO8) :

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام المثلثات الوجهية الثلاثية المزدوجة. يوجد عادة في هيئة كتل حبيبية أو متماسكة. الصلادة = ٢.. الوزن النوعي = ٣,٤٥ – ٣,٦. الانفصام معيني الأوجه كامل {١٠١¯١} (زاوية الانفصام = ٥٧٣°). البريق زجاجي. اللون يميل إلى الاحمر الوردي ولكنه قد يكون أرجواني باهت أو بني داكن . شفاف أو نصف شفاف. يتميز المعدن بلونه الأحمر الوردي وانفصامه المعيني وصلادته (٤) ، ويفرق عن معدن رودونيت "سليكات المنجنيز" بصلادته المنخفضة (٤) [رودونيت صلادته تتراوح بين ٥,٥ – ٦,٥]. يعتبر الرودوكروزيت من المعادن النادرة نسبيا ، حيث يوجد المعدن في عروق الفضة والرصاص والنحاس ومعادن المنجنيز الأخرى. يعتبر المعدن خاما بسيطا للمنجنيز.





سميثسونيت (ZnCO8) :

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام المثلثات الوجهية الثلاثية المزدوجة. يوجد المعدن عادة في هيئة كلوية أو عنقودية أو استلاكتيتية أو قشور متبلورة أو كتل تشبه شمع العسل. كما يوجد المعدن في هيئة حبيبية أو ترابية . الصلادة = ٤,٥ –٥ (عالية بالنسبة لمعدن كربونات). الوزن النوعي= ٤,٣٠ – ٤,٤٥. الانفصام معيني كامل {١٠١¯١} الذي يندر رؤيته. البريق زجاجي. اللون بني أو أبيض أو أخضر أو أزرق أو أحمر وردي ، أما النوع الأصفر فيحتوي على الكالدميوم. نصف شفاف.







معدن السميثسونيت معدن ذو نشأة ثانوية ويعتبر من خامات الزنك. يوجد المعدن عادة في رواسب الزنك المنتشرة في الصخور الجيرية ويصاحب المعدن سفاليريت وجالينا وهيميمورفيت وسيروسيت وكالسيت وليمونيت. يوجد عادة في هيئة أشكال كاذبة عقب الكالسيت.

قد يوجد المعدن في هيئة بلورات خضراء نصف شفافة تستغل أحيانا في أحجار الزينة. يوجد المعدن مختلطا مع خامات الرصاص والزنك بمنطقة أم غيج بالصحراء الشرقية المصرية . يعتبر المعدن خاما بسيطا للزنك.

ب- مجموعة الأراجونيت :

تشمل هذه المجموعة متسلسلة من كربونات الكالسيوم والتسرونشيوم والباريوم والرصاص ، وتتبلور جميعها في فصيلة المعيني القائم ، وثوابتها البلورية متقاربة جدا ، كما أن هيئاتها البلورية متشابهة. أي أنها بعبارة أخرى تكون مجموعة متشابهة الأشكال Isomorphous series ، وتتقاطع المنشورات في بلورات هذه المعادن في زوايا مقدارها ١٢٠° تقريبا ، لذلك فإنها تبدو سداسية كاذبة Pseudohexagonal. ويتكون أعضاء هذه المجموعة من : أراجونيت ، سترونشيانيت ، ويذيريت ، سيروسيت.

أراجونيت (CaCO8) :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائمة ، نظام الهرم المنعكس. يوجد المعدن في هيئة إبرية هرمية أو مسطحة أو توائم سداسية كاذبة. كذلك يوجد المعدن في مجموعات كلوية أو عمدانية أو استلاكتيتية.

الصلادة = ٣,٥ – ٤. الوزن النوعي = ٢,٩٥ (أصلد وأعلى كثافة من الكالسيت). الانفصام غير كامل وموازي للمسطوح الجانبي {٠١٠} ، وللمنشور {٠١١}. البريق زجاجي. عديم اللون أو أصفر باهت أو يميل إلى الاحمرار أو الزرقة أو السواد ، شفاف أو نصف شفاف.



التركيب الكيميائي: كربونات الكالسيوم ، مثل الكالسيت CaCo3 ، أكسيد الكالسيوم = ٥٦,٠% ، ثاني أكسيد الكربون = ٤٤,٠%. وقد يحتوي على كمية بسيطة من الاسترونشيوم أو الرصاص. يتميز المعدن عن الكالسيت بوزنه النوعي العالي وخلوه من الانفصام المعيني الأوجه. يفرق المعدن عن ويذيريت وسترونشيانيت بعد انصهاره ووزنه النوعي المنخفض وعدم تلوينه للهب بلون مميز.

توجد أشكال مغيرة للكالسيت عقب الأراجونيت بصفة شائعة. كذلك تفرز بعض الحيوانات الرخوة كربونات الكالسيوم في هيئة أراجونيت في أصدافها. ويتحلل هذا على سطح الصدفة ليعطي كالسيت.

معدن الأراجونيت أقل استقرارا وأقل انتشار من معدن الكالسيت. يتكون المعدن في ظروف طبيعية كيمياوية محددة بدرجات الحرارة المنخفضة وبالقرب من السطح. ولقد أظهرت التجارب أن الأراجونيت يترسب من المحاليل الكربوناتية الكالسية عندما تكون ساخنة. أما الكالسيت فيترسب من المحاليل الباردة. وتتكون الطبقة اللؤلؤية في كثير من الأصداف من الأراجونيت ، كذلك يترسب الأراجونيت من الينابيع الحارة.

ويتواجد المعدن مع طبقات الجبس ورواسب خام الحديد حيث يوجد في شكل يشبه المرجان (يطلق عليه اسم زهرة الحديد Flower of iron). كذلك يوجد المعدن في هيئة طبقات أليافية على صخور السربتين الاميجدالية (الموزت) في البازلت.

ويذيريت (BaCO8) :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس ، توجد البلورات دائما في حالة توأمية {٠١١} ، حيث تكون أشكالات هرمية سداسية كاذبة نتيجة لتداخل ثلاثة أفراد في التوأم. البلورات كثيرا ماتكون مخططة أفقيا. كذلك يوجد المعدن في مجموعات متبلورة في هيئة عنقودية أو كروية أو عمدانية أو حبيبية. الصلادة = ٣,٥. الوزن النوعي = ٤,٣. الانفصام غير كامل {٠١٠} ، البريق زجاجي. عديم اللون أو أبيض أو رمادي. نصف شفاف . درجة الانصهار = ٢,٥ – ٣ ، ويلون اللهب بلون أخضر تفاحي.

معدن الويذيريت قليل الوجود نسبيا. ويوجد في معظم الأحيان في العروق مصاحبا الجالينا. يستخدم المعدن كمصدر بسيط للباريوم.



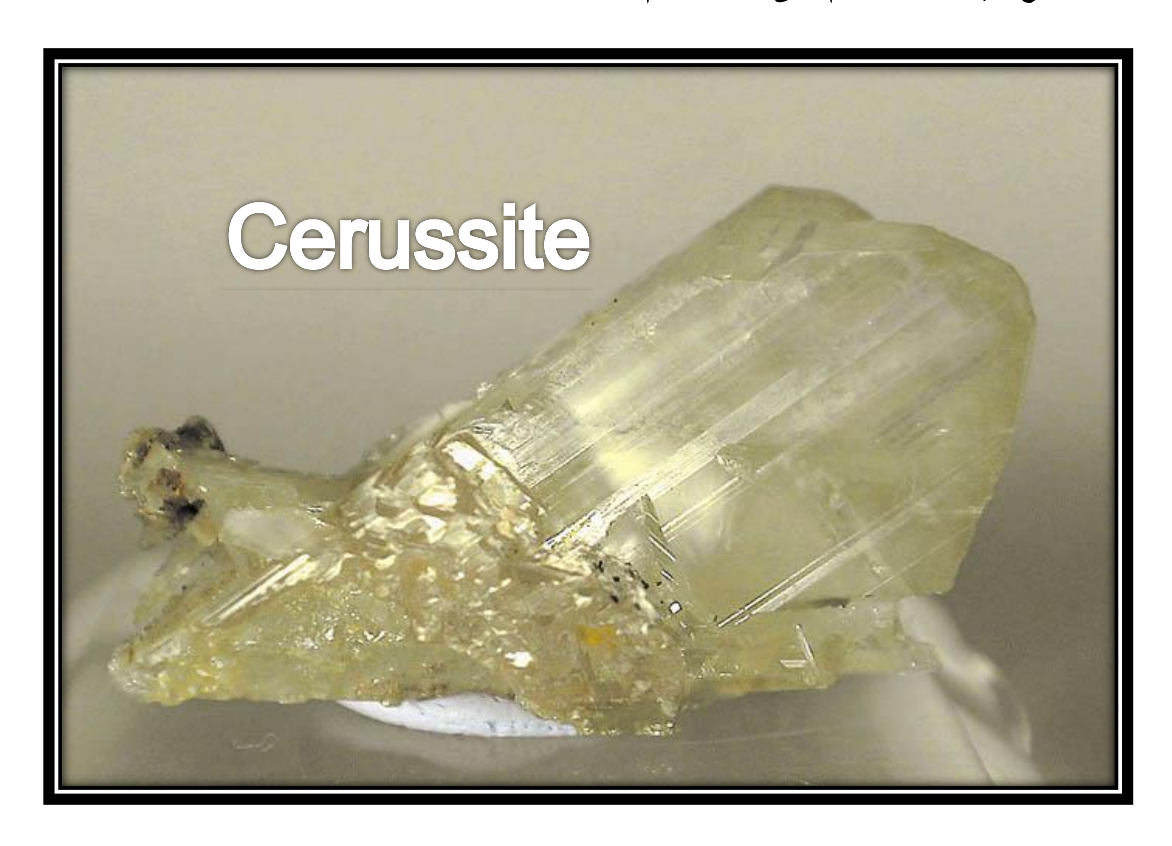
سترونشيانيت (SrCO8):

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس . البلورات غالبا إبرية وشعاعية. التوائم منتشرة وتعطي أشكالات سداسية كاذبة. كذلك يوجد المعدن في هيئة عمدانية أو أليافية أو حبيبية. الصلادة = ٣,٥ – ٤. الوزن النوعي = ٣,٧. الانفصام منشورية جيد {٠١١}. البريق زجاجي. اللون أبيض أو رصاصي أو أصفر أو أخضر. شفاف أو نصف شفاف. لا ينصهر المعدن . يلون المعدن بلون أحمر قرمزي "سترونشيوم".

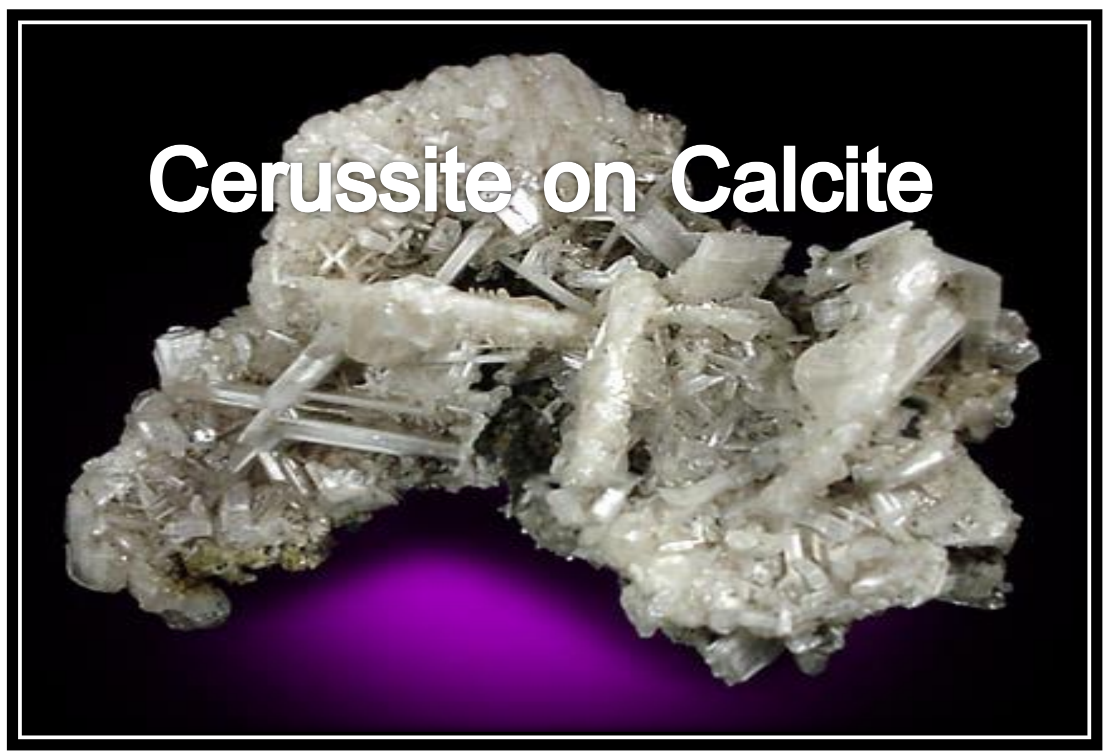
يعتبر سترونشيانيت من المعادن النادرة نسبيا ، ويوجد المعدن في العروق الموجودة بالصخور الجيرية أو المارل "الطين الجيري" ، كما أنه موجود بدرجة أقل في الصخور النارية ، كذلك في العروق المائية الحارة ، كمعدن أرضي. توجد بعض عينات من المعدن في الصحراء الشرقية بالقرب من القصير ، يستخدم المعدن كمصدر للاسترونشيوم.

سيروسيت (PbCO8) :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس . البلورات شائعة وغالبا مسطحة وتوأمية. كذلك يوجد المعدن في مجموعات متبلورة حبيبية أو أليافية أو كتلية أو ترابية. الصلادة = ٣- ٣,٥. الوزن النوعي = ٦,٥٥ (عالية بالنسبة لمعدن ذو بريق ألماسي لا فلزي). البريق ألماسي. عديم اللون أو أبيض أو رصاصي شفاف أو نصف شفاف. المعدن سهل الانصهار (درجة الانصهار = ١,٥). يعطي المعدن عند تسخينه مع كربونات الصوديوم على مكعب الفحم كرة صغيرة من الرصاص.







يعتبر السيروسيت من معادن خامات الرصاص الثانوية الهامة الواسعة النتشار حيث يتكون المعدن نتيجة لتأثير المياه المحملة بثاني أكسيد الكربون على معدن الجالينا في المناطق العليا من عروق الرصاص. يصاحب المعدن المعادن الأولية مثل الجالينا وسفاليريت. والمعادن الثانوية مثل انجليزيت وبيرومورفيت وسميثسونيت وليمونيت. في مصر يوجد المعدن مصاحبا معادن الرصاص في أم غيج وجبل الرصاص بالصحراء الشرقية

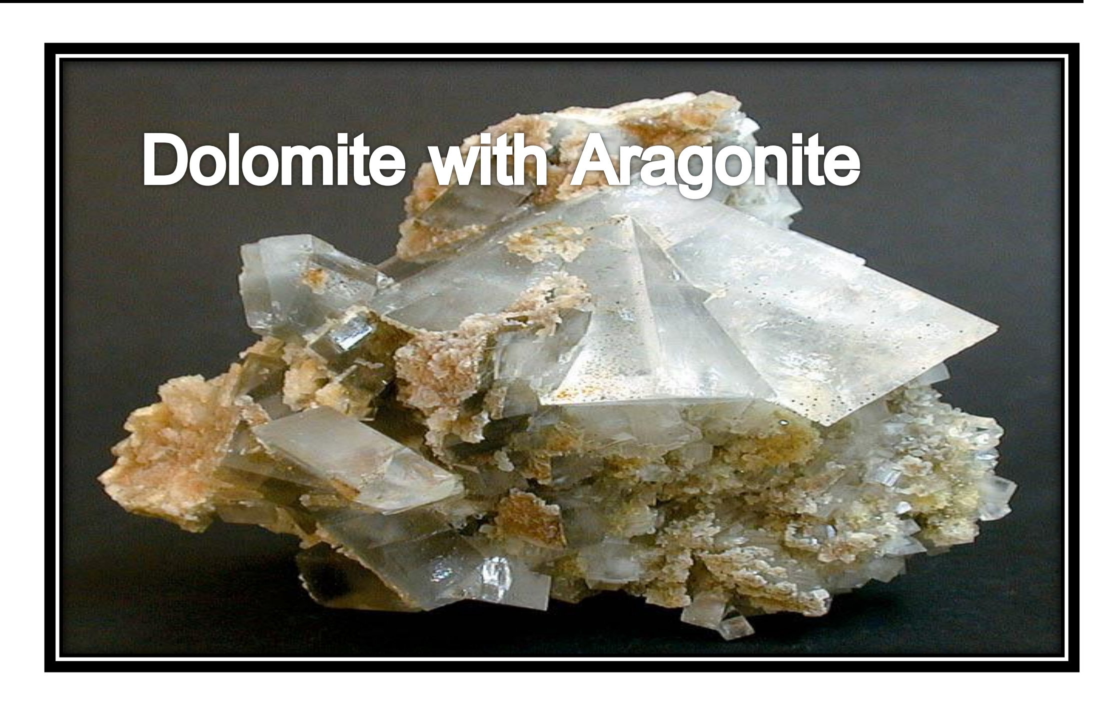
ج- مجموعة الدولوميت :

دولوميت [CaMg(CO8)2] :

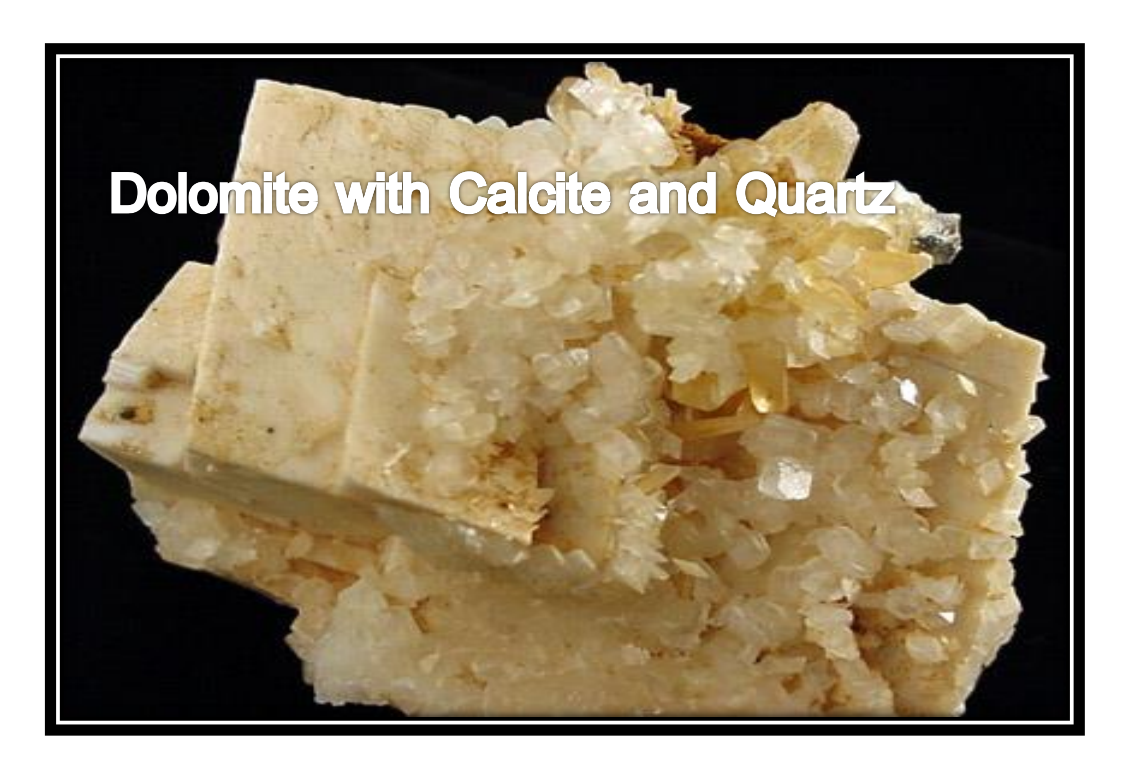
يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام معيني الأوجه. البلورات معينية الشكل. يوجد كذلك في هيئة كتل متماسكة حبيبية دقيقة أو خشنة. الصلادة = ٣,٥ – ٤. الوزن النوعي = ٢,٨٥. الانفصام عيني الأوجه كامل {١٠١¯١} (زاوية الانفصام = ٤٥¯ ٣ °٧٣) ، البريق زجاجي أو لؤلؤي في بعض الأنواع. اللون يميل إلى الاحمرار الخفيف وقد يكون شفافا أو أبيضا أو رماديا أو أخضر بنيا أو أسودا. المعدن شفاف أو نصف شفاف.

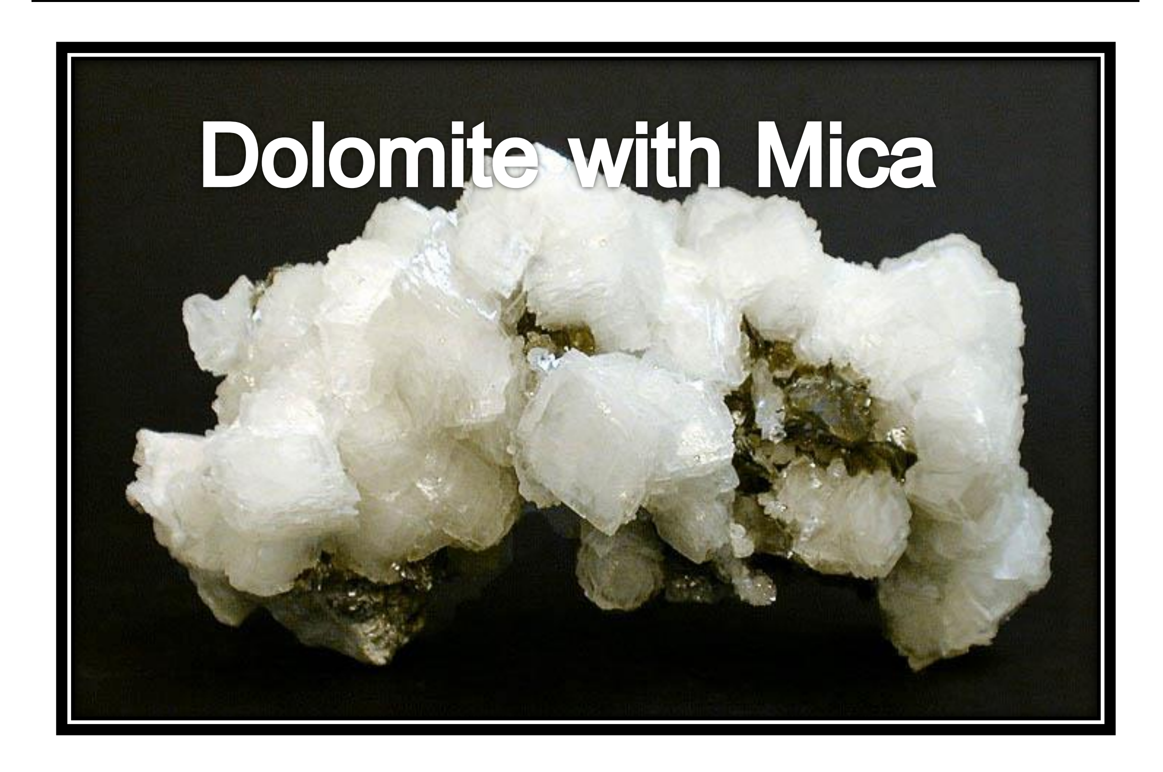
التركيب الكيميائي: كربونات الكالسيوم والمغنسيوم ، CaMg (CO8)2 ، نسبة كربونات الكالسيوم إلى كربونات المغنسيوم عادة كنسبة ١:١. قد يحتوي المعدن على نسبة بسيطة من كربونات الحديدوز حالة محل كربونات المغنسيوم. أما إذا وجد الحديد بكمية كبيرة فيسمى المعدن باسم أنكيريت Ankerite، المعدن لا ينصهر. لا يتفاعل المعدن الخشن مع حامض الهيدروكلوريك المخفف البارد إلا ببطء ، ولكن مسحوق المعدن يتفاعل مع الحامض البارد مع حدوث فوران. أما الحامض الساخن فإنه يتفاعل بشدة مع المعدن الخشن. وإذا عولج الدولوميت بمحلول كرومات الفضة فإنه لا يصبغ بأي لون في حين يصبغ الكالسيت بلون المحلول.





يوجد المعدن في الصخور الجيرية الدولوميتية وفي الرخام الدولوميتي. غالبا يصاحب الكالسيت. والدولوميت اسم لصخر أيضا. وصخر الدولوميت صخر ثانوي الأصل نشأ من الصخر الجيري نتيجة لاحلال المغنسيوم محل الكالسيوم. كذلك يوجد المعدن في العروق المائية الحارة خصوصا في عروق الرصاص والزنك القاطعة للصخور الجيرية. يوجد المعدن في الصخور الدولوميتية المختلفة المنتشرة في الصحراء الشرقية وأبورواش بالقرب من أهرامات الجيزة.





يستخدم المعدن كحجر للزينة والبناء ، كذلك في صناعة بعض أنواع الأسمنت ، والمغنيسيا ، وتحضير البطانات الحرارية في المحولات المستخدمة في تجهيز الصلب.

كربونات عادية مائي :

نطرون (Na2CO8.10H2O):

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. يوجد في الطبيعة في هيئة مجموعات متبلورة ، حبيبية أو في هيئة قشور عمدانية ، أو طبقات رقيقة. الصلادة = ١ – ١,٥. الوزن النوعي = ١,٤٧٨. الانفسام {١٠٠} واضح ، {٠١٠} غير واضح. المكسر محاري. البريق زجاجي على البلورات. عديم اللون أو أبيض ، وفي بعض الأحيان رمادي أو أصفر نتيجة لوجود شوائب. المذاق قلوي. ينصهر المعدن في درجة ٣٤,٥ مئوية. ويتزهر المعدن بسرعة في الهواء الجاف. ويعطي الكربونات أحادية الماء **Monohydrate** التي تعرف باسم ثيرموناتريت **Thermonatrite**.

يتميز المعدن بأنه سهل الذوبان ، ويعطي محلولا قلويا ، ويتفاعل بفوران مع الأحماض ، كما أنه ينصهر عند درجة حرارة منخفضة. يتبلور المعدن في الطبيعة عند درجات الحرارة المنخفضة (أقل من ٣٢°م). يوجد في محاليل مياه ورواسب بحيرات وادي النطرون بمصر.



كربونات تحتوي على الأيدروكسيد :

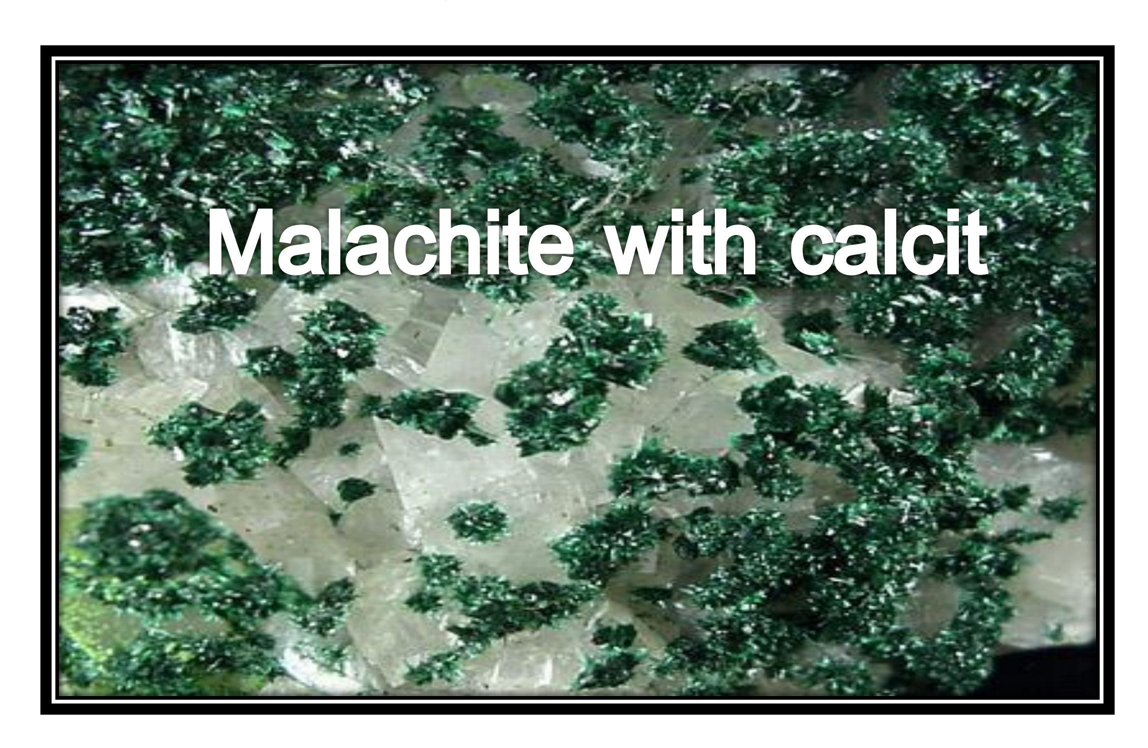
ملاكيت [Cu2CO8(OH)2] :

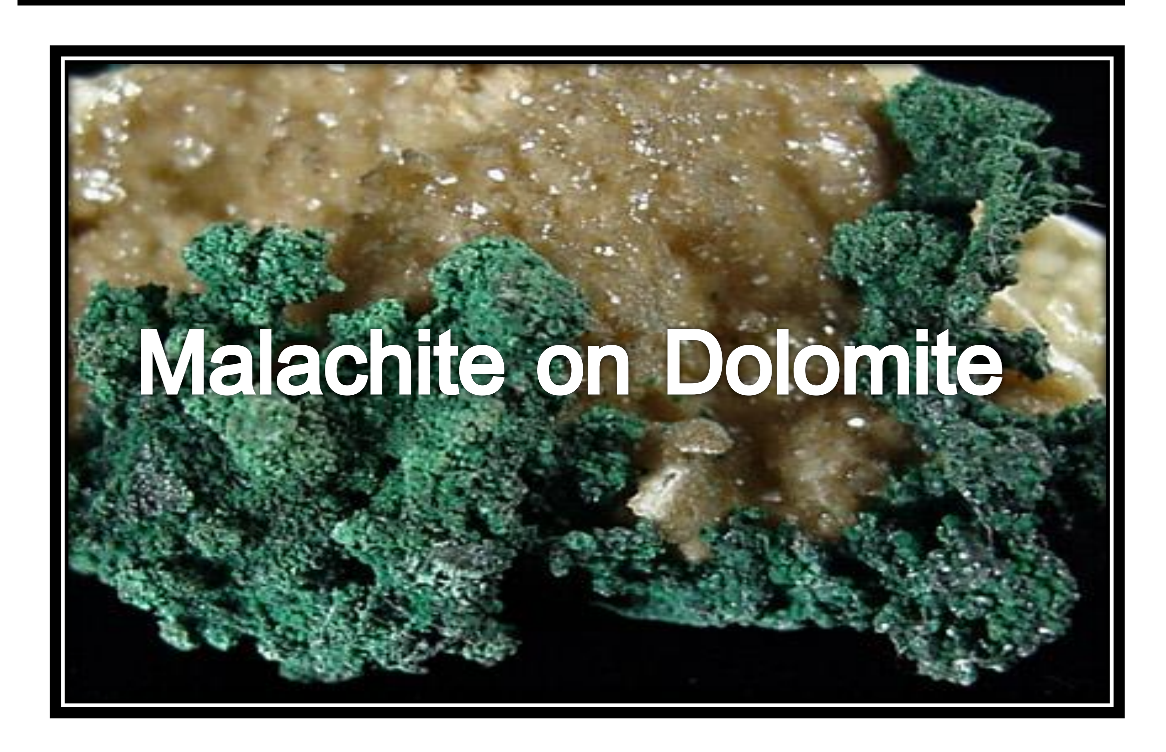
يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور ، البلورات غالبا منشورية رفيعة ولكن قلما تكون واضحة. يوجد المعدن بصفة عامة في هيئة ألياف شعاعية مكونة لمجموعات عنقودية أو استلاكتيتية. كذلك يوجد المعدن في هيئة حبيبية أو ترابية.

الصلادة = ٣,٥ –٤. الوزن النوعي = ٣,٩ – ٤,٠٣. الانفصام قاعدي كامل {١٠٠}. البريق ألماسي أو زجاجي في البلورات ، حريري في الأنواع الأليافية ، معتم في الأنواع الترابية. اللون والمخدش أخضر فاتح. نصف شفاف. ينصهر المعدن في درجة ٣ ويعطي لهبا ذا لون أخضر. يذوب المعدن في حامض الهيدروكلوريك بحدوث فوران ويتلون المحلول بلون أخضر ، يتحول المحلول إلى لون أزرق عميق باضافة كميات من الأمونيا.



يتميز معدن الملاكيت من معادن خامات النحاس الثانوية الهامة الواسعة الانتشار حيث يوجد في الأجزاء العلية (منطقة الأكسيد) من العروق النحاسية ويصاحب معدن أزوريت وكوبريت والنحاس العنصري وأكاسيد الحديد وكبريتيدات النحاس والحديد المختلفة. يستعمل المعدن كخام للنحاس.





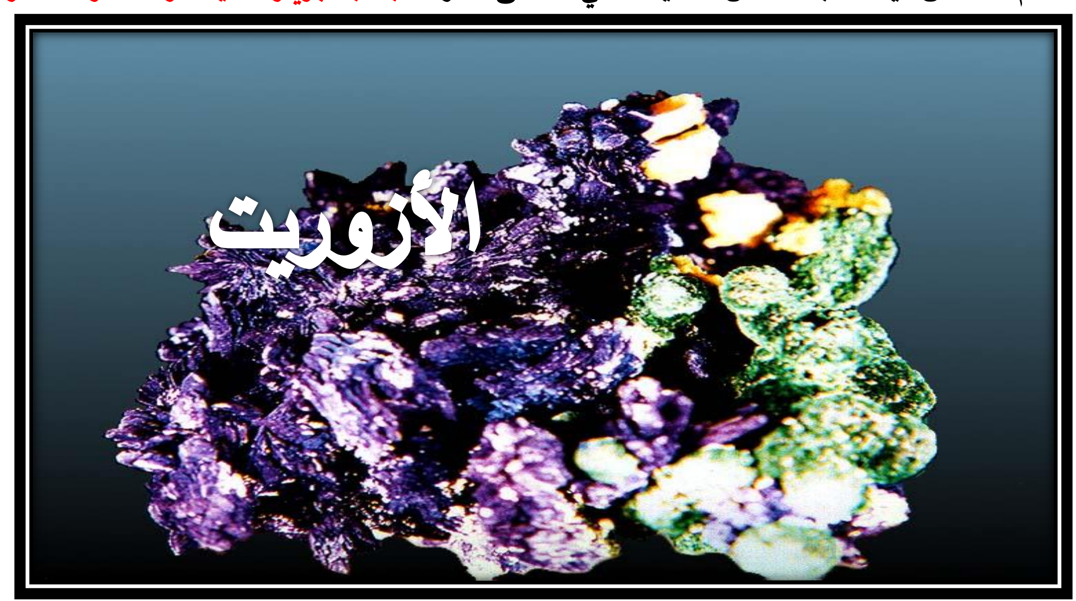


يوجد الملاكيت في شبه جزيرة سيناء (سمرة وتمران وفيران ورجابة وسرابيت) وفي الصحراء الشرقية بمناطق جبل عطوي (٥٥ كيلومترات جنوب غرب القصير) وجبل أم سمبوكي ووادي حمش وحلجات وأبو صويل.

ازوريت [Cu8 (CO8)2(OH)2] :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. البلورات عادة ذات هيئة مركبة وغير كاملة التكوين. يوجد المعدن كذلك في هيئة مجموعات كروية اللون أزرق فاقع (مث زهرة الغسيل). شفاف أو نصف شفاف. المخدش أزرق فاتح. الاختبارات الكيميائية مثل الملاكتيت.

يتحلل المعدن في بعض الأحيام إلى ملاكيت الذي يأخذ شكل المعدن الأصلي (أزوريت). يوجد معدن الأزوريت في الأحوال المماثلة لوجود معدن ملاكيت حيث يصاحبه ، ويكثر وجوده في هيئة بلورات. يستخدم المعدن كخام للنحاس. يصاحب المعدن ملاكيت في مناطق متفرقة بشبه جزيرة سيناء والصحراء الشرقية.





مجموعة المعادن النتراتية:

النتر الصودي – NaNO8 :

[ملح شيلي]

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام المثلثات الوجهية الثلاثية المزدوجة . يشاهب معدن كالسيت في الثوابت البلورية والانفصام والخواص البصرية ... الخ. ويكون المعدنان بلورات نطاقية الواحدة حول الأخرى. يوجد المعدن غالبا في هيئة كتلية موجودة في شكل قشور أو طبقات. الصلادة = ١ – ٢. الوزن النوعي = ٢,٢٩. الانفصام معيني الأوجه {١٠١¯١} كامل. البريق زجاجي عديم اللون أو أبيض أو بني أحمر أو رصاصي أو أصفر. شفاف أو نصف شفاف. بارد المذاق. يتميع بسهولة. سهل الانصهار (درجة الانصهار =١) ، ويلون المعدن اللهب بلون الصوديوم الأصفر الفاقع. يذوب بسهولة جدا في الماء ويتميز المعدن بمذاقه البارد وتميعه الشديد.

يوجد المعدن فقط في الأماكن الصحراوية الجافة وذلك بسبب شدة ذوبانه في الماء. يوجد كذلك في الطبقات الملحية المعروفة باسم كاليس Caliche الموجودة في مساحات كبيرة حيث تتواجد طبقات المعادن متداخلة مع طبقات المارل وملح الطعام والجبس. يوجد المعدن في مصر على جانبي وادي النيل جنوب قنا حتى شمال إدفو حيث يستعمل الطفل المحتوي على المعدن في التسميد. تعتبر شيلي أكبر منتج للمعدن حيث يستخدم المعدن في التسميد وفي صناعة المفرقعات. يجد الخام الآن منافسة كبيرة من النترات الصناعية المنتجة من عملية تثبيت النيتروجين الجوي.



مجموعة المعادن البوراتية (Borates) :

كولمانيت Colemanite $Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$ الميل الواحد
كيرنيت Kernite $Na_2B_4O_7.4H_2O$ الميل الواحد
بوراكس Borax $Na_2B_4O_7.10H_2O$ الميل الواحد

كولمانيت ($Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$) :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور ، يوجد في هيئة منشورات قصيرة كذلك يوجد المعدن في هيئة كتلية حبيبية أو متماسكة. الصلادة = ٤ – ٤,٥. الوزن النوعي = ٢,٤٢. الانفصام موازي للمسطوح الجانبي {٠١٠} كامل. البريق زجاجي. عديم اللون أو أبيض. شفاف أو نصف شفاف.



يوجد المعدن في هيئة طبقات متداخلة مع طبقات رواسب البحيرات التابعة للحقب الثالثة Tertiary. يصاحب المعدن هاليت وتنارديت وطرونا وجبس وسلستيت وكوارتز.

يستخدم المعدن مصدر للبوراكس حتى اكتشاف معدن كيرنيت الذي حل محله. يستخدم البوراكس في صناعة الصابون والطلاء والزجاج ومساحيق الغسيل والمراهم والروائح. كذلك يستعمل في اللحام والصهر واختبارات البوري ، وفي المواد المطهرة ، وكمادة حافظة للأسماك واللحوم.

كيرنيت ($Na_2B_4O_7.4H_2O$) :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. يوجد عادة في هيئة مجموعات خشنة الحبيبات ذات انفصام. الصلادة = ٢. الوزن النوعي = ١,٩٥. الانفصام كامل وموازي للمسطوح القاعدي {١٠٠}

والمسطوح الأمامي {٠٠١}. البريق زجاجي أو لؤلؤي. اللون عديم اللون أو أبيض. لا تلبث العينات عديمة اللون أن تتحول إلى بيضاء عند تعرضها للجو لفترة طويلة نتيجة لتكون طبقة رقيقة جدا من معدن آخر (تنسكالكونيت Na2P4O7.5H2O).

ويعتقد أن هذا المعدن قد نتج من تبلور معدن البوراكس مرة ثانية نتيجة لازدياد الضغط والحرارة. ويعتبر الكيرنيت أهم مصدر للبوراكس في الوقت الحالي.

بوراكس (البورقة) [Na2R4O7.10H2O] :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. البلورات منشورية كبيرة. كذلك يوجد المعدن في هيئة كتلية أو قشرية. الصلادة = ٢ – ٢,٥. الوزن النوعي = ١,٧. البريق زجاجي. الانفصام كامل وموازي للمسطوح الأمامي {٠٠١}. المذاق قلوي حلو. تتزهر البلورات عديمة اللون وتتحول إلى لون أبيض نتيجة لتكوين معدن تتكالكونيت.

يعتبر البوراكس أكثر المعادن البوراتية انتشارا. ويتكون المعدن نتيجة لبخر مياه البحيرات المالحة. يستخدم البوراكس في أغراض صناعية كثيرة.

المعادن الكبريتاتية والكروماتيتية :

يتحد أيون الكبريت السداسي التكافؤ مع أربعة أيونات أكسيجن (عدد التناسق يساوي أربعة) ويكون مجموعة أيونية قوية جدا ، تميز خواصها الرابطة المشتركة التي تربط بين الكبريت والأكسجين. هذه المجموعة SO42– ، أو شق الكبريتات في علم الكيمياء ، تكون الوحدة البنائية الأساسية للمعادن الكبريتاتية.

وأهم أفراد الكبريتات اللامائية وأكثرها انتشارا معادن مجموعة الباريت (باريت: كبريتات الباريون ، سليستيت: كبريتات الأسترونشيوم ، أنجليزيت : كبريتات الرصاص) ، التي تحتوي على كاتيونات كبيرة ثنائية التكافؤ متناسقة مع أنيونات الكبريتات.

يؤدي البناء الذري البسيط نوعا ما في هذه المعادن إلى تماثل معيني قائم. ويوجد بها انفصام كالم {١٠٠} ، {٠١٢} ، ولكن الأنهيدريت ، كبريتات الكالسيوم ، له بناء مختلف اختلافا طفيفا عنها. وله انفصام مسطوحي في ثلاث مستويات ، وذلك بسبب صغر حجم أيون الكالسيوم عن أيونات الباريوم والأسترونشيوم والرصاص ، وتتوقف الخواص الفيزيائية للمعدن بصفة عامة على الكاتيون الغالب في التركيب. فمثلا ، يتناسب الوزن النوعي تناسبا طرديا مع الوزن النوعي للكاتيون.

ومن بين الكبريتات المائية يعتبر الجبس أهم معادنها وأكثرها انتشارا. ويستدل من وجود الانفصام الكامل {٠١٠} على أن بناء المعدن من النوع الصفائحي ، حيث يتكون من طبقات (أو رقائق) من الكالسيوم وأيونات الكبريتات يفصل بينها حزئيات الماء. ويؤدي فقدان الماء إلى انهيار البناء الذري وتحوله إلى بناء الأنهيدريت مصحوبا بنقص في الحجم النوعي وزوال الانفصام الكامل.

ويضم هذا القسم عددا كبيرا من المعادن ، ولكن القليل منها هو شائع. ويمكن تصنيف الكبريتات لسهولة البحث والدراسة إلى ثلاثة أقسام:

(١) كبريتات لا مائية.
(٢) كبريتات مائية.
(٣) كبريتات تحتوي على الأهيد روكسيد.

الكبريتات اللامائية:

مجموعة الباريت :
الباريت $BaSO_4$ Barite المعيني القائم
سيلستايت $SrSO_4$ Celestite المعيني القائم
انجليزيت $PbSO_4$ Anglesite المعيني القائم
انهيدريت $CaSO_4$ Anhydrite المعيني القائم
جلوبيريت $Na_2Ca(SO_4)_2$ Glauberite الميل الواحد.

الكبريتات المائية :

جبس $CaSO_4.5H_2O$ Gypsum الميل الواحد.
كالكانثيت $CuSo_4.5H_2O$ Chalcanthite الميول الثلاثة.
ابسوميت $MgSO_4.7H_2O$ Epsomite المعيني القائم.
ميلانتيريت $FeSO_4.7H_2O$ Melanterite الميل الواحد.
بوليهاليت $K_2Ca_2Mg(SO_4).2H_2O$ Polyhalite الميول الثلاثة.
الكبريتات المحتوية على الأيدروكسيد :
أبتليريت $Cu_3(OH)_4SO_4$ Abtlerite المعيني القائم
ألونيت $KAl_3(OH)_6(SO)_2$ ALunite الثلاثي.

كبريتات لا مائية:

مجموعة الباريت (Barite Group) :

تتشابه كبريتات الباريوم والاسترونشيوم والرصاص في بنائها الذري وتكون مجموعة متشابهة البناء. ووتبلور معادن هذه المجموعة في فصيلة المعيني القائم ، وثوابتها البلورية متقاربة جدا وهيئاتها متشابهة. وتشمل هذه المجموعة معادن ثلاثة هي: باريت ، وسليستيت ، وانجليزيت.

باريت ، أ: ب: ج = ١,٦٢٧:١:١,٢١٠

سليستيت ، أ: ب: ج = ١,٥٦١:١:١,٢٧٦

أنجليزيت ، أ : ب: ج = ١,٥٧١:١:١,٢٨٨

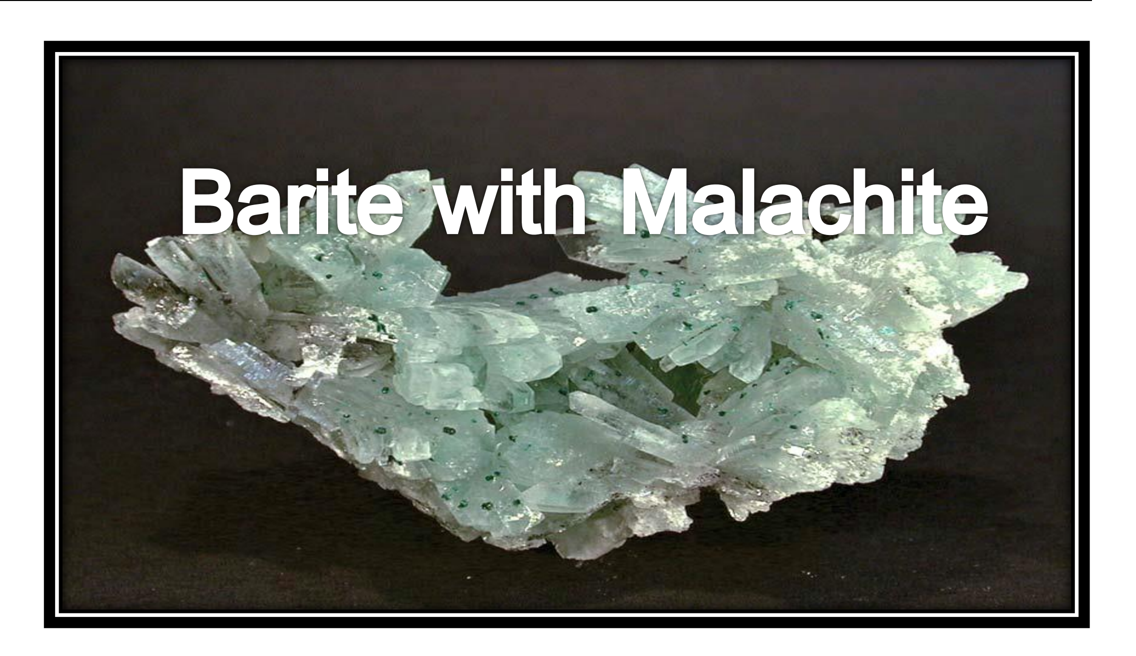
باريت ($BaSO_4$) :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس ، البلورات عادة مسطحة وموازية للمسطوح القادي . يوجد المعدن أيضا في هيئة كتلية متشققة حبيبية أو أليافية كلوية وأحيانا صفائحية أو عقدية (مثل العقدة) أو ترابية. الصلادة = ٣ – ٣,٥. الوزن النوعي = ٤,٥ (عالية بالنسبة لمعدن ذي بريق لا فلزي). الانفصام كامل وموازي للمسطوح القاعدي {١٠٠} وللمنشور {٠١٢} . البريق زجاجي أو لؤلؤي على السطح القاعدي في بعض العينات ، عيدم اللون أبيض أو يميل إلى الزرقة أو أصفر أو أحمر شفاف أو نصف شفاف.

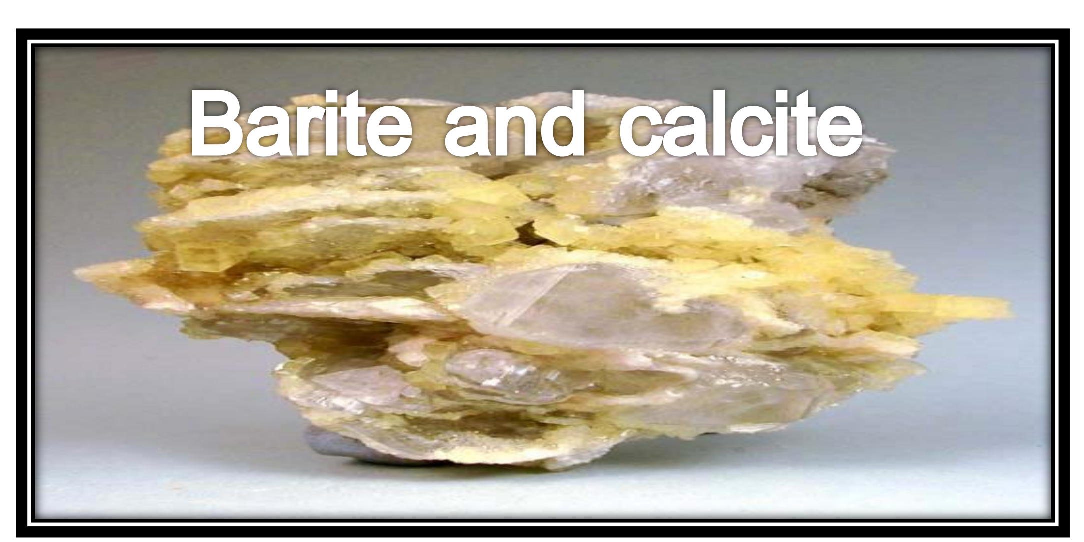


التركيب الكيميائي: كبريتات الباريون $BaSO_4$ ، أكسيد الباريوم = ٦٥,٧% ، وثالث أكسيد الكبريت = ٣٤,٣%. يحل الاسترونشيوم محل الباريوم ويحتمل وجود متسلسلة كاملة من المحاليل الجامدة بين الباريت والسلستيت قد يحتوي المعدن على الكالسيوم أو الرصاص حالين محل الباريوم. درجة الانصهار = ٤ ، ويلون اللهب بلون أخضر مائل إلى الإصفرار (الباريوم). يتميز المعدن بوزنه النوعي وانفصامه وبلوراته المميزة.

الباريت من المعادن الواسعة الانتشار. يوجد المعدن عادة كمعدن أرضي في العروق الفلزية حيث يصاحب خامات الفضة والنحاس والكوبالت والمنجنيز والأنثيمون. كذلك يوجد المعدن مع الكالسيت في هيئة عروق في الصخور الجيرية. أو يوجد في هيئة كتل متبقية في الصخور الطينية التي تعلوم الحجر الجيري. كذلك يوجد المعدن في الصخور الرملية مع خامات النحاس ، وفي بعض الأحيان يكون الباريت مادة لاحمة لحبيبات الكوارتز في الحجر الرملي ، وقد يترسب المعدن حول الينابيع الحارة.


Barite with Malachite


Barite and Quartz


Barite and calcite

يوجد المعدن في مصر في عروق الباريت في أسوان ، ومكونا البلورات الوردية Rose crystals والمواد اللاحمة في الصخور الرملية بالواحات الخارجة. وكذلك في هيئة عروق ورواسب في مناطق حماطة وشيعط والشيخ الشاذلي بالصحراء الشرقية ، ويصاحب المعدن كثيرا السيليستيت.

يستخدم أكثر من ٨٠% من الإنتاج العالي للباريت في حفر الآبار (البترول بصفة خاصة) ، ويستعمل الباريت أيضا في تحضير المركبات الكيميائية لعنصر الباريوم. ويستعمل مخلوط كبرتيد الباريوم وكبريتات الزنك (يعرف المخلوط باسم ليثوفين Lithophene) في صناعة البويات والطلاء والمنسوجات. كما تستعمل كبريتات الباريوم في صناعة الورق والقماش ، وفي مواد الزينة للسيدات ، وفي الطب (وجبة الباريوم عند التصوير بالأشعة).

سلستيت ($SrSO_4$) :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس. البلورات مسطحة أو منشورية. كذلك يوجد في هيئة كتل حبيبية أو أليافية. الصلادة = ٣ – ٣,٥. الوزن النوعي = ٣,٩ – ٤. البريق زجاجي أو لؤلؤي. الانفصام كامل وموزاي للقاعدة {١٠٠} وللمنشور {٠١٢} . عديم اللون أو أبيض أو مائل للزرقة أو الاحمرار. شفاف أو نصف شفاف. يحل الباريوم محل الاسترونشيوم ويحتمل وجود متسلسلة كاملة من المحاليل الجامدة بين السلستيت والباريت. درجة انصهار المعدن = ٣,٥ – ٤. يتلون اللهب بلون أحمر قرمزي (استرنشيوم).

يشبه المعدن الباريت إلى درجة كبيرة ، ولكن وزنه النوعي منخفض ويحتاج الأمر إلى إجراء الاختبارات الكيميائية وتحقيق لون اللهب للتفرقة بين الاثنين.

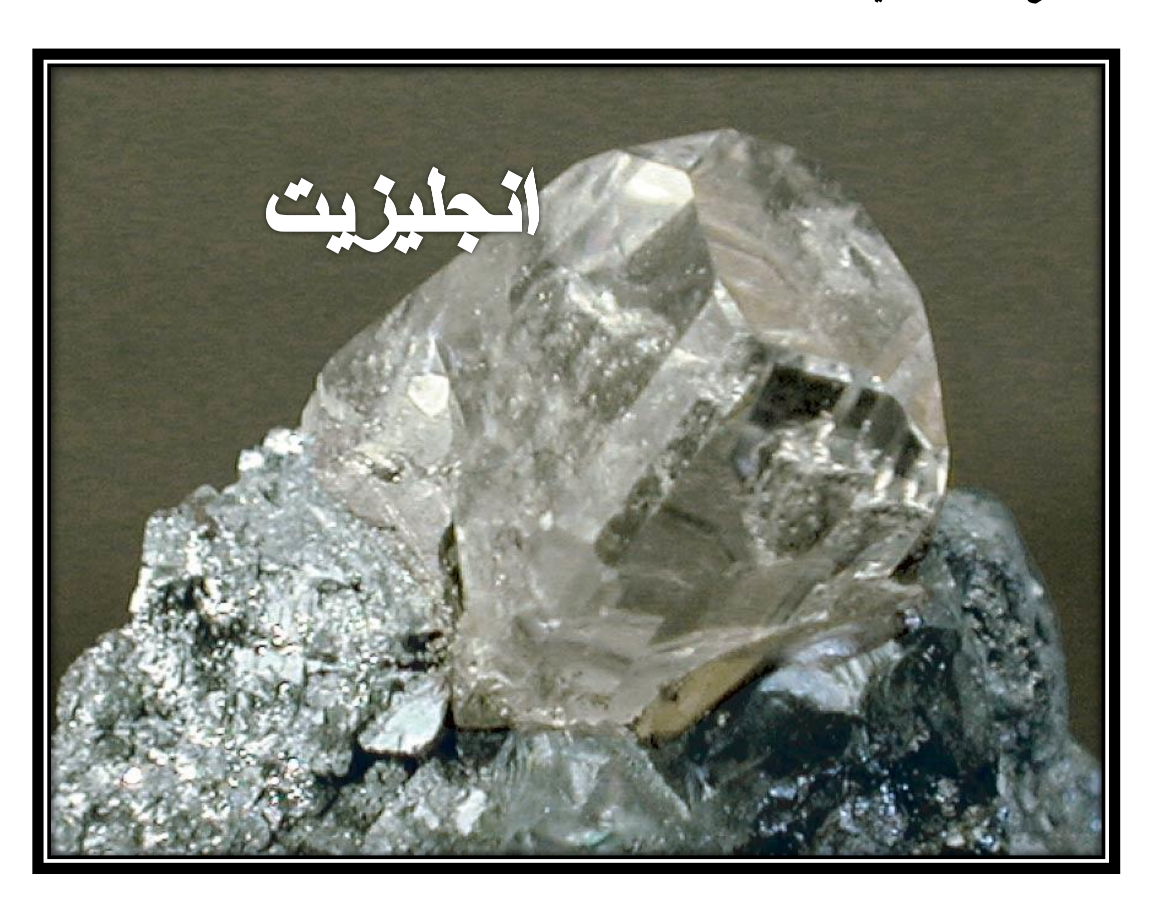


يوجد السلستيت منتشرا في الصخور الرملية أو الجيرية أو في هيئة أعشاش صغيرة أو مبطنا الفجوات في هذه الصخور. يصاحب المعدن معادن كالسيت ودولوميت وجبس وهاليت وكبريت وفلوريت. كذلك يوجد السلستيت كمعدن أرضي في عروق الرصاص.

في مصر يوجد السلستيت في جبل المقطم بالقرب من المعادي وفي الصخور الجيرية بمنطقة الفيوم وبمنطقة القصير.

انجليزيت ($PbSO_4$) :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم. نظام الهرم المنعكس. البلورات منشورية أو موازية لاي من المحاور البلورية ويوجد عليها مجموعة من الأشكال البلورية. كذلك يوجد المعدن في هيئة كتلية أو حبيبية متماسكة ، يوجد غالبا في هيئة ترابية أو في طبقات دائرية ، في بعض الأحيان حول لب من الجالينا. الصلادة = ٣ ، الوزن النوعي = ٦,٢ – ٦,٤ (عالية). الانفصام غير كامل وموازي للقاعدة {١٠٠} والمنشور {٠١٢}. المكسر محاري ، البريق ألماسي (عندما يكون المعدن نقيا ومتبلورا) ومعتم (في الانواع الترابية). اللون شفاف أو أبيض أو رصاصي أو يميل إلى الاصفرار. شفاف أو نصف شفاف. يتميز المعدن بوزنه النوعي العالي وبريقه الألماسي ومصاحبته في معظم الأحيان لمعدن الجالينا ، يفرق المعدن عن السيروسيت بعدم فورانه مع حامض النيتريك.





الأنجليزيت من المعادن الثانوية الشائعة حيث يتكون المعدن نتيجة لتأكسد الجالينا. ويوجد المعدن في الأجزاء العليا الأكسيدية من عروق الرصاص حيث يصاحب معادن الجالينا والسيروسيت وسفاليريت وسميثوسنيت وهيمومورفيت وأكاسيد الحديد. يستعمل المعدن كخام بسيط للرصاص.

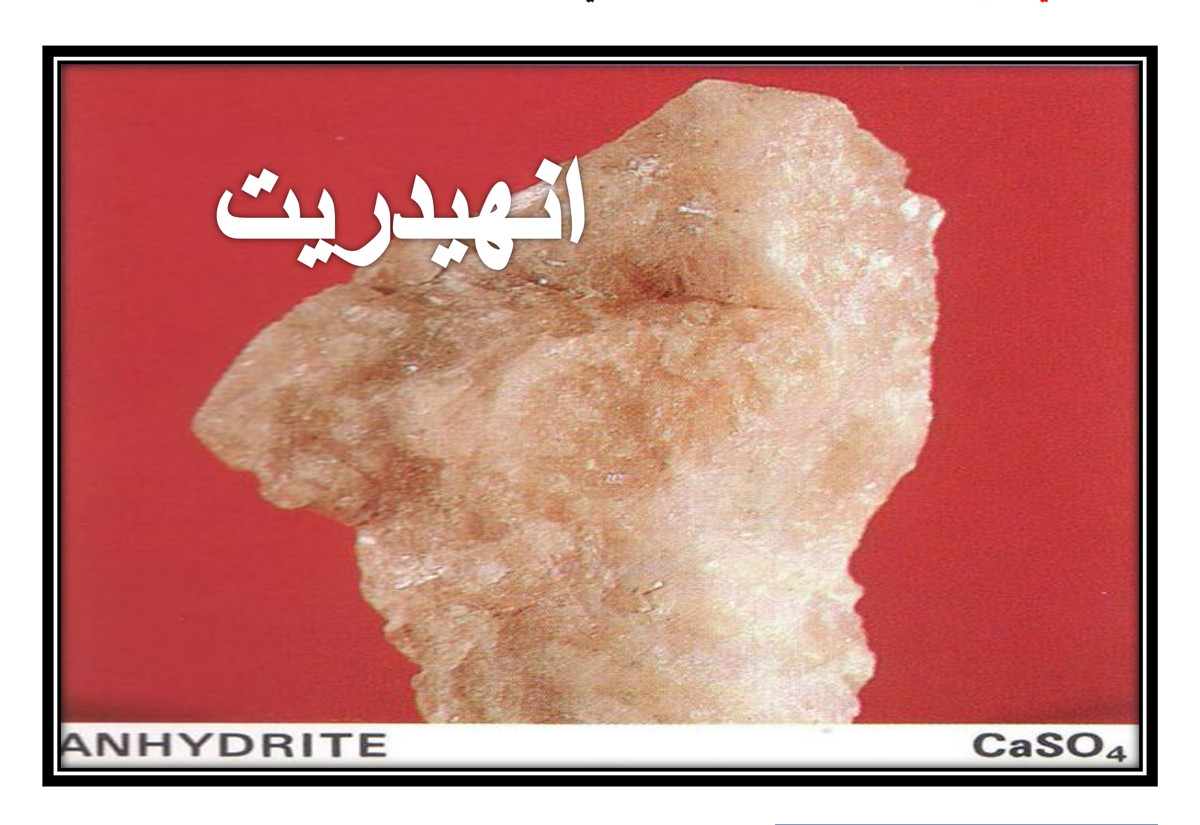
انهيدريت ($CaSO_4$) :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس ، البلورات نادرة ، يوجد غالبا في هيئة كتل دقيقة التبلور أو كتل أليافية أو خشنة. الصلادة = ٣ – ٣,٥. الوزن النوعي = ٢,٨٩ – ٢,٩٨. الانفصام واضح في ثلاثة مستويات موازية للأشكال البلورية {١٠٠} ، {٠١٠} ، {٠٠١}. وينتج عنها كتل مكعبية الشكل ، البريق زجاجي أو لؤلؤي على أسطح الانفصام. عديم اللون أو أبيض أو رصاصي مائل للزرقة أو أسود. درجة انصهار المعدن = ٣. يذوب في حامض الهيدروكلوريك الساخن ويعطي المحلول المخفف مع كلوريد الباريوم راسبا أبيضا من كبريتات الباريوم.

يتميز الأنهيديت بانفصامه في ثلاثة مستويات متعامدة. ويفرق عن الكالسيت بوزنه النوعي العالي وعن الجبس بصلادته. ويصعب تمييز الأنواع الدقيقة الحبيبات دون الاستعانة بالاختبار الكيميائية وإثبات وجود شق الكبريتات. يتحلل المعدن بسهولة نتيجة لامتصاصه الرطوبة ويتحول إلى معدن الجبس ويصحب هذه العملية إزدياد الحجم.

يوجد الأنهيدريت في معظم الأماكن التي يوجد فيها الجبس حيث يتصاحبان دائيما . يوجد في طبقات مختلطا مع الملح في الصخور الجيرية ، وكذلك مالئا بعض الفقاقيع في بعض صخور البازلت الاميجدالي (اللوزي).

في مصر يوجد المعدن مع الجبس والملح ضمن رواسب العصر الميوسيني الممتدة على ساحل البحر الأحمر وعلى جانبي خليج وقناة السويس ، ويستعمل المعدن في صناعة الأسمنت وحامض الكبريتيك.



جلوبيريت [$Na_2Ca(SO_4)_2$]:

يتبلور المعدن في فصيلة الميلة الواحد ، نظام المنشور. البلورات رفيعة ، ومسطحة موزاية للقاعدة. الصلادة = ٢,٥ – ٣. الوزن النوعي = ٢,٧٥ – ٢,٨٥. الانفصام {١٠٠} جيد. البريق زجاجي. اللون أصفر باهت أو رمادي . المذاق مالح بعض الشئ. شفاف أو نصف شفاف.

معدن جلوبريت من المعادن الواسعة الانتشار ضمن الرواسب الملحية التي تتكون بالبخر من البحيرات المالحة . ولذلك يوجد مصاحبا معادن تناردين ، وهاليت وبوروليهاليت.

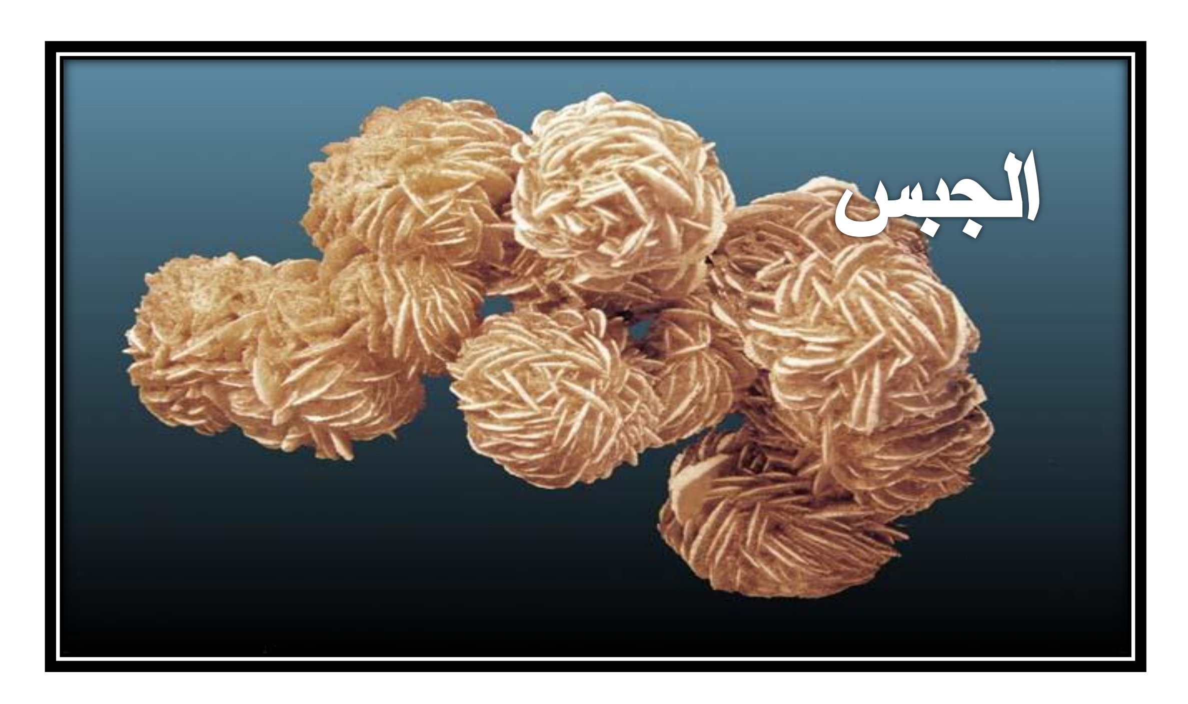
كبريتات مائية:

الجبس ($CaSO_4.2H_2O$)

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور ، البلورات غالبا منشورية . التوائم شائعة. يوجد كذلك في هيئة كتلية وكذلك في هيئة صفائحية أو حبيبية. يعرف النوع الأليافي ذو البريق الحريري باسم ساتنسبار Satinspar . أما الألاباستر Alabaster فهو عبارة عن النوع الكتلي الدقيق الحبيبات (الألاباستر المصري ،عبارة عن كربونات الكالسيوم) أما السيلينيت Selinte فهو عبارة عن النوع الشفاف الذي ينفصم في صفائح عريضة.



الصلادة = ٣ (يخدش بالظفر). الوزن النوعي = ٢,٢٢. ينفصم المعدن في ثلاثة مستويات . الانفصام كامل وموازي للمسطوح الجابين {٠١٠} ، الانفصامان الآخران موازيان للمسطوح الأمامي ونصف الهرم الموجب. المكسر محاري على السطح (٠٠١) وألياقي على السطح (١١٠). اللون شفاف أو أبيض أو رمادي أو مائل إلى الإصفرار أو الأحمر أو البني نتيجة لوجود الشوائب. شفاف أو نصف شفاف. درجة الانصهار = ٢. يذوب المعدن في حامض الهيدروكلوريك المخفف الساخن ويعطي المحلول كلوريد الباريوم راسبا أبيضا من كبريتات الباريوم. يتيمز المعدن بصلادته المنخفضة وانفصامه في ثلاثة مستويات ، ويفرق عن الأنهيدريت باحتوائه على كمية من الماء وذوبانه في حامض الهيدروكلوريك.





الجبس من المعادن الشائعة الانتشار حيث يوجد في الصخور الرسوبية في هيئة طبقة سميكة. وتتداخل طبقات الجبس عادة مع طبقات الحجر الجيري والطفل. كما يوجد المعدن في هيئة طبقات أسفل طبقات الملح الصخري حيث ترسب الجبس قبل الهاليت أثناء عملية تبلور المياه البحرية نتيجة للبخر. قد يوجد المعدن متبلورا في عروق الساتنسبار. وينتج المعدن غالبا من نمو معدن الانهيدريت ، وتسبب هذه المعلية طي Folding الطبقات العليا نتيجة لازدياد حجم الجبس عن حجم الأنهيدريت الأصلي. كذلك يوجد المعدن في المناطق البركانية نتيجة لتفاعل أبخرة الكبريت المتصاعدة مع الحجر الجيري. وكذلك يوجد الجبس كمعدن أرضي في بعض العروق المائية الحارة الفلزية. يصاحب المعدن معادن كثيرة أهمها الهاليت والأنهيدريت والدولوميت والكالسيت والكبريت والبيريت والكوارتز. يوجد الجبس مختلطا مع الأنهيدريت في التلال الممتدة على جانبي خليج السويس وعلى ساحل البحر الأحمر (العصر الميوسيني).

يستعمل الجبس بصفة أساسية في صناعة المصيص وعجينة باريس Piaster of Paris . يستعمل الألاباستر والساتنسبار في أحجار الزينة ولكن في نطاق ضيق بسبب صلادتها المنخفضة.

كالكانثيت [CuSO4.5H2O] :

الزاج الأزرق (Blue Vitreol)

يتبلور المعدن في فصيلة الميول الثلاثة ، نظام المسطوح ، يوجد في هيئة بلورات لوحية موازية لأوجه الربع الهرمي {١١١}. كذلك يوجد المعدن في هيئة كتلية أو استلاكتيتية أو كلوية ، كذلك قد يوجد في هيئة إبرية. الوزن النوعي = ٢,١٢ – ٢,٣٠. الصلادة = ٢,٥. البريق زجاجي. اللون أزرق داكن . شفاف. المذاق فلزي.

معدن كالكانثيت من المعادن النادرة. ويوجد فقط في المناطق الصحراوية كمعدن ثانوي حيث يوجد بالقرب من السطح في الأماكن التي بها عروق نحاسية. ويتكون المعدن في هذه الأماكن نتيجة لأكسدة معادن الكبريتات النحاسية الأصلية.

إبسوميت [MgSO4.7H2O] (ملح إبسوم)

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم. نظام الوتد. يندر وجود المعدن في هيئة بلورات. يوجد عادة في هيئة كتل عنقودية أو قشور أليافية. الصلادة = ٢ – ٢,٥. الوزن النوعي = ١,٦٨. الانفصام كامل وموازي للمسطوح الجانبي {٠١٠}. البريق زجاجي أو ترابي. اللون أبيض. شفاف أو نصف شفاف. المذاق مر جدا. يترسب المعدن عادة كمادة متزهرة على جدران المناجم والكهوف ، وقد يتكون في حالات نادرة كرواسب لبعض البحيرات .

ميلانتيريت [FeS4 O.7H2O]:

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. نظام المنشور. البلورات متساوية أو منشورية قصيرة. يوجد غالبا في هيئة استلاكتيتية أو كروية أليافية أو قشرية أو كتلية. الصلادة = ٢. الوزن النوعي = ١,٨٩٨. البريق زجاجي. المكسر محاري. قابل للكسر. اللون أخضر مائل للزرقة. المخدش أبيض. شفاف أو نصف شفاف. المذاق قابض وفلزي. ويتحول المعدن إلى لون أبيض مائل للاصفرار ومعتم عند تعرضه للهواء الجاف.

ميانتريت من المعادن الثانوية التي تتكون نتيجة لأكسدة معادن البيريت والمركزيت. يوجد المعدن كمادة متزهرة ومترسبة على جدران المناجم التي تحوي خامات المعادن المذكورة. كذلك يوجد المعدن في المناطق الصحراوية الجافة.

بوليهاليت [K2Ca2Mg(SO4)4.2H2O] :

يتبلور المعدن في فصيلة الميول الثلاثة ، نظام المسطوح . البلورات نادرة. وعادة رأسية . يوجد عادة في هيئة كتل حبيبية أو أليافية أو صفائحية متماسكة.

الصلادة = ٣ – ٣,٥. الوزن النوعي = ٢,٧٨. الانفصام {١٠١̄} واضح. اللون رمادي أو أحمر وردي أو أحمر طوبي. البريق راتنجي. نصف شفاف. المذاق مر.

يوجد البوليهايت في رواسب طبقية حيث يصاحب معادن هاليت وسيليفيت وكارناليت .. الخ. يستخدم المعدن كمصدر للبوتاسيوم.

كبريتات لا مائية محتوية على الهيروكسيد :

أنتليريت $[Cu3(OH)4SO4]$:

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس. البلورات منشورات رفيعة ، ومخططة طوليا ، وتكون عادة إبرية. وقد تكون البلورات مسطحة. كذلك يوجد المعدن في هيئة مجموعات متوازية ، أو كلوية أو كتلية. الصلادة = ٣,٥ – ٤. الوزن النوعي = ٣,٩. الانفصام {٠١٠} كامل. البريق زجاجي. اللون أخضر زمردي إلى أخضر داكن . المخدش أخضر باهت. شفاف أو نصف شفاف.

يوجد أنتليريت في الأجزاء المتأكسدة من عروق النحاس ، خصوصا في المناطق الصحراوية.

ألونيت $[LAL3(OH)6(SO4)2]$ (حجر الشب) :

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام الهرم الثلاثي المزدوج. البلورات غالبا معينية الشكل تشبه المكعب. قد تكون البلورات مسطحة. غالبا في هيئة كتلية أو منتشرة. الصلادة = ٢ ، الوزن النوعي = ٢,٦ – ٢,٨. الانفصام قاعدي كامل {١٠٠٠}. اللون أبيض أو رمادي أو يميل إلى الإحمرار. شفاف أو نصف شفاف.
يتكون معدن ألونيت نتيجة لتفاعل المحاليل الحاملة لحامض الكبريتيك مع الصخور الغنية بالفلسبارات البوتاسية. وقد يوجد المعدن بكميات صغيرة حول فوهات البراكين. في إنتاج يستخدم المعدن في الشب ، و بعض الأحيان يستغل المعدن للحصول على البوتاسيوم والألومنيوم منه.

من المعادن المشابهة للمعدن معدن جاروزيت Garosite $KFe8(OH)6(SO4)2$ ، وهو عبارة عن معدن ثانوي يوجد في هيئة قشور وطبقات غطائية رقيقة في المناطق التي يوجد بها خامات حديدية.



كروكويت (PbCrO4)

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. يوجد عادة في هيئة بلورات منشورية ومجموعات عمدانية أو حبيبية. الصلادة = ٢,٥ – ٣. الوزن النوعي = ٥,٩ – ٦,١. الانفصام منشوري غير كامل {١١٠}. البريق ألماسي. اللون أحمر برتقالي. المخدش أصفر برتقالي. نصف شفاف.

كروكويت من المعادن النادرة التي توجد في نطاقات الأكسدة بالمناطق التي يوجد بها عروق خامات الرصاص القاطعة لصخور تحتوي على عنصر الكروميوم.

المعادن التنجستاتية والمولبدانية:

يلاحظ أن أيونات التنجستن والمولبدنوم السداسية التكافؤ (نصف قطر كل منها = ٠,٦٢ A) أكبر بكثير من أيونات الكبريت سداسي التكافؤ وأيونات الفسفور خماسي التكافؤ. وعلى ذلك فعندما تتحد هذه الأيونات مع الاكسجين فإن أيونات الأكسجين الأربعة المتناسقة مع أي من أيونات التنجستن أو المولبدنوم لا تشغل أركاني رباعي الأوجه المنتظم ، وإنما تكون مجموعة مبططة إلى حد ما وذات حدود مربعة.

وتصنف المعادن التابعة لهذا القسم إلى مجموعتين متشابهتي البناء : (أ) مجموعة الولفراميت وتتكون من الكاتيونات الثنائية التكافؤ الصغيرة نسبيا ، مثل الحديد والمنجنيز والمغنسيوم والنيكل والكاوبالت ، وفي حالة سداسية التناسق مع أيوم التنجستن. (ب) مجموعة الشيليت ، وتتكون من مركبات الأيونات الثنائية التكافؤ الأكبر حجما مثل الكالسيوم (٠,٩٩ A) والرصاص في حالة ثمانية التناسق مع أيون التنجستن ، وفي هذه المجموعة يمكن لأيونات التنجستن والمولبدنوم أن تحل محل بعضها البعض مكونة متسلسلات جزئية بين كل من شيليت (CaWO4) وباريليت (CaMoO4A) وستولزيت (PbWO4) وولفينيت (PbMoO4).

ولفراميت Wolframite (Fe2Mn) WO4 الميل الواحد.
شيليت CaWO4 Schelite الرباعي.
ولفينيت PbMoO4 Wulfenite الرباعي.

وفيما يلي وصف للمعادن التنجستانية والمولبدانية التالية:

ولفراميت (Fe2Mn WO4) :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. نظام المنشور. توجد البلورات عادة في هيئة لوحية موازية للمسطوح الأمامي. كذلك يوجد المعدن في مجموعات نصلية bladed أو صفائحية أو عمدانية أو حبيبية. الصلادة = ٥ – ٥,٥. الوزن النوعي = ٧ – ٧,٥. الانفصام كامل وموازي للمسطوح الجانبي {٠١٠}. البريق تحت فلزي أو راتنجي. اللون أسود بني. المخدش أسود إلى بني حسب التركيب الكيميائي.



التركيب الكيميائي: تنجستات المنجنيز والحديدوز [[(Fe2Mn) WO4]. توجد متسلسلة كاملة التشابه الشكلي بين فيربريت (FeWO4) وهبيريت (MnWO4) . النسبة المئوية لأكسيد التنجستن WO8 في الفيربريت = ٧٦,٣% ، وفي الهيبريت = ٧٦,٦%. درجة انصهار المعدن من ٣ – ٤ ، ويعطي كرة مغنطيسية. لا يذوب المعدن في الأحماض. يمكن تمييز المعدن بواسطة لونه الداكن ، ووجود انفسام كامل في إتجاه واحد. وزنه النوعي عالي.

معدن الولفراميت من المعادن النادرة نسبيا. ويتكون عند درجات عالية من الحرارة ، حيث يوجد المعدن في عروق الكوراتز المائية عالية الحرارة ، وفي البجماتيت التي تصاحب صخر الجرانيت . يندر وجود المعدن في عروق الخامات الكبريتدية. يوجد عادة معادن كاسيتريت وكذلك شيليت وكوارتز.

وفي مصر يوجد المعدن بجهات منتشرة في الصحراء الشرقية أهمها العجلة وأبو دياب والنويبع والعنيجي وزرقة النعام ووادي الدب وأبو مروة ومنطقة جبل علبة.

يعتبر المعدن أهم مصدر لفلز التنجستن الذي يستخدم في صناعات الصلب المستعمل في عمل الآلات والصمامات ذات السرعة العالية ، وكذلك في صناعة الآلات الثاقبة والمبارد ، وفي صناعة المصابيح الكهربائية وصمامات الراديو. يستخدم كبريتيد التنجستن كمادة صنفرة عالية الصلادة.

شيليت $(CaWO_4)$:

يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي ، نظام الهرم المنعكس. البلورات عادة عبارة عن أهرامات منعكسة من الرتبة الأولى ، يوجد المعدن كذلك في هيئة كتل حبيبية. الصلادة = ٤,٥ – ٥. الوزن النوعي = ٥,٩ – ٦,١. الانفصام موازي للهرم المنعكس من الرتبة الثانية. البريق زجاجي أو ألماسي . اللون أبيض أو أصفر أو أخضر بني. نصف شفاف. معظم عينات شيليت لها خاصية التضوء (النوع التفلري). درجة الانصهار = ٥.



يوجد المعدن في صخور البجماتيت الجرانيتية ، وكذلك في الصخور المتحولة بالحرارة. وفي العروق المائية الحارة ذات درجة الحرارة العالية المصاحبة للصخور الجرانيتية. يصاحب المعدن الكسيتريت والتوباز والفلوريت والأباتيت والمولبدينيت والولفراميت . يوجد المعدن في الصحراء الشرقية المصرية بمنطقة زرقة النعام وجبل علبة مع معدن الولفراميت.



يستخدم المعدن كخام للتنجستن ، ولو أن معظم الولفراميت يأتي في المرتبة الأولى من حيث إمداد العالم بعنصر التنجستن.

المعادن الفوسفاتية والزرنيخاتية والفندانية:

الفوسفور الخماسي التكافؤ أكبر بقليل من الكبريت السداسي التكافؤ في الحجم ولذلك فإنه ، مثل الكبريت ، يكون مجموعات أيونية رباعية الأوجه (Tetrahedral) مع الأكسجين. وتكون هذه المجموعة رباعي الأوجه 8 PO4− (مثل مجموعة الكبريتات رباعية الأوجه) شقا مستقلا لا يشاطر ذرات أكسجين أخرى أو يكون مجموعات متبلمرة (Polymerized).

وتحتوي معادن الفوسفات على أيون الفوسفات كوحدة بنائية أساسية. وتتكون وحدات أخرى مماثلة ، لها نفس عدد تناسق الأكسجين ونفس نوع ودرجة القوى الرابطة حول أيون الزرنيخ والفناديوم الخماسية التكافؤ ، ويمكن لأيونات الفوسفور والزرنيخ والفناديوم أن تحل محل بعضها البعض في مكانها الذي تشغله في مركز رباعي الأوجه المكون من أيونات الأكسجين ، وذلك كما في مجموعة معادن البيبرومورفيت.

ويكون الأباتيت ، وهو أكبر المعادن الفوسفاتية إنتشارا وأهمية ، محاليل جامدة بالنسبة لإحلال أنيونات كل من الكلورين والهدروكسيد محل الفلورين ولكن إحلال مجموعة الكربونات محل مجموعة الفوسفات شئ نادر . وقد يحل المنجنيز والأسترونشيوم وغيرهما من الكاتيونات محل الكالسيوم . وقد أدى هذا الإحلال الأيوني المعقد ، والذي يميز قسم المعادن الفوسفاتية إلى وجود علاقات كيميائية بين أفراد هذا القسم وتعقيد بنيانها بعض الشئ. وتتكون معظم هذه الطائفة الكبيرة من المعادن الفوسفاتية ، ولكن معظم أفرادها معادن نادرة.

١- فوسفات عادية لا مائية:
مونازيت (الميل الواحد) Monazite [Ce,La,Y,Th)PO4]
٢- فوسفات عادية وأرسينات مائية:
مجموعة فيفيلينت (الميل الواحد)
فيفيانيت Fe8(PO4)2. 8H2O Vivianite
إريثريت Co8(A8O4).8H2O Erythrite
٣- فوسفات لا مائية (وأرسينات الخ) محتوية على الهيدروكسيد أو الهالوجين
أمبليجونيت LiAl(F.OH)PO4 Amblygonite
مجموعة الأباتيت (السداسي)
أباتيت Ca5(F,Cl.OH)(PO4)3 Apatite
فلورأباتيت Ca5F(PO4)3
كلورأباتيت Ca5Cl(PO4)3
هيدروكسي أباتيت Ca5(OH)(PO4)8
مجموعة البيرومورفيت (السداسي)
بيرومورفيت Pb5Cl(PO4)3 Pyromorphite
ميميتيت Ph5Cl(AsO4)8 Mimetite
فناديئيت Ph5Cl(VO4)3 Vanadinite
لازوليت (الميل الواحد) MgAl2(OH)2(PO4)2 Lazulite
٤- فوسفات مائية (وأرسينات الخ) ، محتوية على الهيدروكسي أو الهالوجين
مجموعة التركواز (الميول الثلاثة)
تركواز CuAl6(OH)8(PO4)4.2H2O Turquoise
وافيلليت (المعيني القائم) Al8(OH)3(PO4).5H2O Wavellite
مجموعة التوربيرنيت (الرباعي)
توربيرنيت Cu(UO2)(PO4)2.8-12H2O Torbernite
أوتونيت Ca(UO2)(PO4)2.10-12H2O Autunite
كارنونيت (المعيني القائم) Carnotite K2(UO2)2 (VO4)2.3H2O

فوسفات عادية لا مائية :

مونازيت [Ce,La,Y,Th)PO4] :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. البلورات نادرة وعادة صغيرة جدا. يوجد المعدن غالبا في هيئة كتل حبيبة مثل الرمال. الصلادة = ٥ – ٥,٥. الوزن النوعي = ٥ – ٥,٣. يوجد بالمعدن مستويات انفصال موازية للمسطوح القاعدي {١٠٠} . البريق راتنجي. اللون بني أصفر أو مائل للاحمرار. نصف شفاف.

التركيب الكيميائي: فوسفات الفلزات الأرضية النادرة خصوصا السيريوم واللانثنوم والإيتريوم [Ce,La,Y,Th PO4] ، يوجد الثوريوم عادة بالمعدن بنسبة قد تصل إلى ٢٠% ، ويحتوي المعدن أيضا على نسبة من السليكا والتي تعزى إلى وجود معدن ثوريت (ThSiO4 Thorite) متداخلا مع المونازيت. لا ينصهر المعدن

بمفرده ولا يذوب في حامض الهيدروكلورتيت ولكن ينصهر المعدن مع كربونات الصوديوم ويذوب الناتج في حامض النتريك ، ويعطي هذا المحلول مع مولبدات الألومنيوم راسبا أصفرا (دليل على وجود الفوسفات).



يعتبر معدن المونازيت من المعادن النادرة نسبيا حيث يوجد كمعدن إضافي في الصخور الجرانيتية والنيس وصخور الأبليت والبجمايت. وكذلك في الرواسب الرملية (رواسب التجمعات) الناتجة من تفتت هذه الصخور. ويتركز المعدن في هذه الرواسب الرملية نتيجة لخاصيته في مقاومة التحلل الكيمياوي ، وكذلك نتيجة لوزنه النوعي العالي. ولذلك يصاحب معادن أخرى تقاوم التحل مثل الماجنتيت والألمينيت والروتيل والزركون والجرانيت. وفي مصر يوجد المعدن ضمن الرمال السوداء المترسبة على شاطئ البحر المتوسط عند رشيد ودماط والبردويل والعريش . وكذلك على ساحل البحر الاحمر مثل رأس ملعب وحمام فرعون.



يعتبر المونازيت المصدر الرئيسي لأكسيد الثوريوم حيث يحتوي المعدن على نسبة منه تتراوح بين ١% ، ٢٠% ، ويحتوي النوع التجاري من المونازيت على نسبة تتراوح بين ٣ ، ٩% ، ويستعمل الثوريوم الآن في الصحول على الطاقة الذرية.

فوسفات و أرسينات وفنادات عادية مائية :

مجموعة فيفيانيت :

فيفيانيت [Fe3(PO4), .8H2O]:

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. البلورات منشورية ، مخططة رأسيا . وتوجد عادة في مجموعة شعاعية. كذلك يوجد المعدن في هيئة عقدية أو ترابية . الصلادة = ١,٥ – ٢. الوزن النوعي = ٢,٥٨ – ٢,٦٨. الانفصام {٠١٠} كامل. البريق زجاجي ، ولؤلؤي على أوجه الانفصام. عديم اللون في حالة عدم التحلل ، أزرق أو أخضر عندما يكون متحللا. شفاف ويتحول إلى نصف شفاف عند تعرضه للعوامل الجوية.



معدن فيفيانيت من المعادن النادرة . وهو ثانوي النشأة حيث يتكون كناتج للعوامل التجوية من المعادن الفوسفاتية الحديد ومنجنيزية الأولية التي توجد في صخور البجماتيت. كذلك يصاحب المعدن البروتيت والبيريت في عروق القصدير والنحاس. كذلك يوجد المعدن في طبقات الطين ، وقد يصاحب الليمونيت ويوجد عادة في فجوات الحفريات.

إريثيريت [Co3(ASO$)2.8H2o]

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. البلورات منشورية ومخططة رأسيا. يوجد المعدن عادة في هيئة قشور كروية الشكل أو كلوية ، كذلك في هيئة ترابية. الصلادة = ١,٥ – ٢,٥. الوزن النوعي = ٣,٠٩. الانفصام {٠١٠} كامل. البريق ألماسي أو زجاجي. ولؤلؤي على أسطح الانفسام. اللون قرمزي أو أحمر وردي. نصف شفاف.





معدن إريثريت معدن نادر ثانوي النشأة ، يوجد كناتج لتحلل معادن الكوبالت الزرنيخية ، ويندر وجود المعدن بكميات كبيرة ، ويكون عادة قشورا أو تجمعات دقيقة مائلة للشقوق. وبالرغم من أن الاريثريت ليس لـه فائدة اقتصادية إلا أن الجيولوجي يستفيد من وجوده كدليل على وجود معادن كوبالت أخرى وكذلك الفضة المصاحبه لـها.



فوسفات وأرسينات وفنادات لا مائية :
محتوية على الهيدروكلسيد والهالوجين

مجموعة أمبليجونتيت :

بليجونتيت [LiAl(F,OH)PO4]

يتبلور المعدن في فصيلة الميول الثلاثة ، نظام المسطوح. يوجد المعدن عادة في هيئة كتل خشنة التبلور واضحة الانفصام. الصلادة = ٦. الوزن النوعي = ٢ – ٣,١. الانفصام كامل وموازي للمسطوح الأمامي {٠٠١} ، وغير موازي لنصف المنشور {٠١١}. البريق زجاجي أو لؤلؤي على سطح الانفصام {٠٠١} . اللون أبيض أو أخضر باهت أو أزرق باهت. نصف شفاف. الأمبليجونتيت من المعادن النادرة التي توجد في صخور البجماتيت الجرانيتية حيث يصاحب المعدن معادون سبوديومين وتورمالين ولبيدوليت وأباتيت. يستعمل المعدن كمصدر لعنصر الليثيوم.

مجموعة الأباتيت :

أباتيت [Ca5(F,Cl,OH)(PO4)3] :

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي. نظام الهرم المنعكس. يومجد المعدن عادة في هيئة بلورات منشورية طويلة. ولكن قد توجد بعض البلورات المنشورية القصيرة أو اللوحية. وتنتهي هذه البلورات بأهرامات ظاهرة من الرتبة الأولى وكذلك بالمسطوح القاعدي. كذلك يوجد المعدن في هيئة كتل حبيبة أو متماسكة. الصلادة= ٥ (يكاد يخدش بنصل المبراة). الوزن النوعي = ٣,١٥ – ٣,٢٠. الانفصام ضعيف وموازي للمسطوح القاعدي {١٠٠٠}. اللون عادة يميل إلى الأخضر أو البني ، كذلك قد تكون بعض الأنواع زرقاء أو بنفسجية أو عديمة اللون. شفاف أو نصف شفاف.



التركيب الكيميائي: فوسفات الكالسيوم الفلوريدي ويعرف باسم فلورأباتيت $Ca5F(PO4)3$. أو قد يكون في أحوال نادرة $Ca5Cl(PO4)8$ ، ويعرف باسم كلورأباتيت. أو $Ca5(OH)(PO4)3$ ويعرف باسم هيدروكسيل أباتيت ، والمعروف أن الفلورين والكلورين والهيدروكسيل تحل محل بعضها البعض في البناء الذري وتعطي متسلسلة كاملة من الأشكال المتشابهة. أما اسم كوللوفين Collophane ، فإنه يطلق على المادة الكتلية ذات النسيج الخفي التبلور أو الغروية. وتركيب الكوللوفين مثل الأباتيت إلا أنه يحتوي على شوائب مختلفة أهمها كميات قليلة من كربونات الكالسيوم. ويكون الكوللفين معظم الصخور الفوسفاتية والحفريات العظامية. ولقد أثبتت الدراسات البنائية بالأشعة السينية أو للكوللفين البناء الأساسي لمعدن أباتيت ولذلك لا يحتاج الأمر إلى اعتباره كمعدن مستقل بذاته. ينصهر المعدن بصعوبة (درجة الانصهار من ٥ – ٥,٥) . يذوب في الأحماض ويعطي محلول المعدن الذائب في حامص النيتريك المخفف إذا أضيفت إليه كمية قليلة من محلول مولبدات الألومنيوم راسبا أصفر عبارة عن فوسفومولبدات الأمونيوم (اختبار الفوسفات).

مجموعة البيرومورفيت :

تضم هذه المجموعة ثلاثة معادن للرصاص: احداها فوسفات (بيرومورفيت) والثاني زرنيخات (ميميتيت) ، والثالث فنادات (فنادينيت) وتحتوي جميعها على كلورين . وتحل أيونات الفوسفور والزرنيخ والنفاديوم محل بعضها البعض بمنتهى الحرية في هذه المعادن الثلاثة المتشابه البناء ، ويوجد كل تدرج ممكن في التركيب الكيميائي بين المركبات الثلاثة النقية.

بيرومورفيت (Pb5Cl(PO4)3):

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي ، نظام الهرم المنعكس. البلورات منشورية ذات مسطوح قاعدي. غالبا ما توجد البلورات في هيئة برميل وفي بعض الأيمان تكون البلورات جوفاء. يوجد المعدن عادة في هيئة كروية أو كلوية أو إبرية أو حبيبية. الصلادة = ٣,٥ – ٤. الوزن النوعي = ٦,٥ – ٧,١. البريق راتنجي أو

ألماسي. اللون يميل إلى الأخضر أو البني أو الأصفر. نصف شفاف. معدن بيرومورفيت من المعادن الثانوية التي تتكون في الأجواء العليا المتأكسيدة من عروق الرصاص حيث يصاحب المعدن معادن الرصاص الأخرى.









ميميتيت $(Pb_6Cl(AsO_4)_3)$:

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي ، نظام الهرم المنعكس. البلورات منشورية وتبين السطح القاعدي والأهرامات . توجد البلورات غالبا في هيئة برميل ، أو مستديرة أو قشور كروية السطح. يشبه البرومورفيت في مظهره إلى حد كبير. الصلادة = ٣,٥. الوزن النوعي = ٧ – ٧,٢. البريق راتنجي أو ألماسي. عديم اللون أو أصفر ، أو بني أو برتقالي. نصف شفاف. معدن ميميتيت من المعادن الثانوية النادرة نسبيا ، ويوجد في الأجزاء المتأكسدة من عروق الرصاص ، حيث يصاحب معادن الرصاص الأخرى.

فنيدينيت $[PbCl(Co_4)_3]$:

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي نظام الهرم المنعكس. البلورات منشورية ذات مسطوح قاعدي. قد يوجد في هيئة بلورات كروية وفي بعض الاحيان جوفاء. كذلك يوجد المعدن في هيئة كروية أو قشور. الصلادة = ٣. الوزن النوعي = ٦,٧ – ٧,١. البريق راتنجي أو ألماسي. اللون أحمر كالياقوت أو أحمر برتقالي أو بني أو أصفر شفاف أو نصف شفاف.

فنيدينيت من المعادن الثانوية النادرة التي توجد في الأجزاء العليا المتأكسدة من عروق الرصاص. يستعمل المعدن كمصدر لعنصر الفنيديوم وأيضا كخام بسيط للرصاص.

لازوليت $[MgAl_2(OH)_2(PO_4)_2]$:

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . يوجد عادة في هيئة كتلية حبيبية أو متماسكة. الصلادة = ٥ – ٦,٥. الوزن النوعي = ٣,٠ – ٣,١. الانفصام منشوري {٠١١} غير واضح. اللون أزرق داكن (azure blue) . نصف شفاف .

التركيب الكيميائي: فوسفات المغنسيوم والألومنيوم القاعدية $MgAl_2(OH)_2(PO_4)_2$. يحل أيون الحديدوز محل المغنسيوم ، وتوجد متسلسلة كاملة بين اللازوليت والطرف الآخر الحديدي المعروف باسم كورزاليت.

لا ينصهر المعدن . وينتفج المعدن بالتسخين في لهب البوري ، ويفقد لونه . ويتفتت إلى قطع صغيرة . يبيض المعدن بالتسخين في الأنبوبة المقفولة . ويعطي ماء . غير قابل للذوبان في الماء. يعطي إختبار الفوسفات بعد حرق المعدن مع كربونات الصوديوم.

يصعب تمييز معدن لازوليت عن بقية المعادن الزرقاء دون الاستعانة باختبارات اللهب البوري والاختبارات الكيميائية. وذلك في حالة عدم توفر البلورات.

معدن لازوليت من المعادن النادرة. ويوجد المعدن عادة في صخور الكوارتزيت مصاحبا معادن كيانيت ، أندولوسيت ، كوراندوم ، روتيل . يوجد في بعض المناطق في النمسا والسويد والولايات المتحدة الأمريكية. يستخدم المعدن كحجر كريم بسيط. الإسم مشتق من كلمة عربية بمعنى السماء ، بالنسبة إلى لون المعدن الأزرق.

فوسفات مائية ، الخ ؛ محتوي على الأيدروكسيد والهالوجين:

توركواز (الفيروز) $CuAl_5(OH)_8(PO_4)_2 2H_2O$:

يتبلور المعدن في فصيلة الميول الثلاثة ، نظام المسطوح. يندر أن يوجد في هيئة بلورات ، ولكن يوجد عادة في هيئة بلورات خفية. كذلك يوجد في هيئة متماسكة أو كلوية أو استلاكتيتية أو في طبقات رقيقة أو حبيبات منتشرة. الصلادة = ٦. الوزن النوعي ٢,٦١ – ٢,٨. البريق شمعي. اللون أزرق أو أخضر يميل إلى الزرقة أو أخضر. نصف شفاف أو معتم.

التركيب الكيميائي: فوسفات الألومنيوم والنحاس القاعدية المائية ، $CuAl_6(OH)_8(PO_4)_2 2H_2O$. قد يحل الحديديك محل الألومنيوم. لا ينصهر المعدن. إذا بلل المعدن بحامض الهيدروكلوركي ثم سخن في اللهب فإنه يتلون بلون لهب النحاس المميز (أخضر مائل للزرقة). يعطي الاختبار الكيميائية لشق الفوسفات . إذا سخن في الأنبوبة المقفولة فإنه يتحول إلى لون أسود ويعطي ماء . يتميز المعدن بسهولة بواسطة لونه. كما أنه أصلد من معدن كريزوكولا ، وهو المعدن الوحيد المشابه له في اللون.

معدن التوركواز أو الفيروز من المعادن الثانوية النشأة ، حيث يوجد في هيئة عروق أو شرائط دقيقة قاطعة للصخور البركانية المتحللة إلى حد ما. توجد رواسب الفيروز المشهور بإيران في صخر التراكيت البركاني النشأة في منطقة نيشابور بولاية خراسان. يوجد المعدن في هيئة عروق دقيقة في مناطق متفرقة بشبه جزيرة سيناء . وقد استغله القدماء في صناعة الأحجار الكريمة والجعارين.

يستعمل المعدن كحجر كريم حيث يقطع عادة في أشكال مستديرة أو بيضاوية.

وافيلليت $[Al_8(OH)_8(PO_4)_2.5H_2O]$:

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس. البلورات نادرة ويغلب وجود المعدن في هيئة مجموعات كروية ذات بلورات شعاعية. الصلادة = ٣,٥ – ٤. الوزن النوعي = ٢,٣٣. الانفصام كامل وموازي للمنشور {١١٠} والمسقوف {١٠١}. البريق زجاجي. اللون أبيض أو أصفر أو بني . نصف شفاف. معدن وافيلليت من المعادن الثانوية النادرة. يوجد المعدن بكميات صغيرة في الشقوق والفواصل بالصخور المتحولة الغنية بالألومنيوم وكذلك في رواسب الفوسفات والليمونيت. لا يوجد المعدن في الطبيعة بكميات كبيرة.

توربيرنيت $Cu(UO_2)_2(PO_4)_2.8\text{-}12H_2O$

يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي. نظام الهرم المنعكس الرباعي المزدوج. يوجد المعدن في بلورات لوحية مربعة الشكل. كذلك يوجد المعدن في فئة مجموعات قشرية أو ميكائية أو صفائحية.

السلادة = ٢ ٢,٥. الوزن النوعي = ٣,٢٢. الانفصام كامل وموازي للمسطوح القاعدي {١٠٠} . الصفائح قابلة للكسر عنها في حالة معدن أوتونيت. البريق زجاجي أو ألماسي لؤلؤي على وجه الشكل {١٠٠}. اللون أخضر مثل الحشائش أو الزمرد أو التفاح. المخدش أخضر باهت. شفاف أو نصف شفاف. لا يتضوأ المعدن عند تعرضه للأشعة فوق البنفسجية. توربيرنيت من المعادن الثانوية التي تصاحب معدن أوتونيت وغيره من معادن اليورانيوم الحارة الحاملة للنحاس واليورانيوم. يوجد المعدن في إقليم بواخيستال بتشيكوسلوفاكيا وكذلك في بعض مناطق سكسونيا وبوهيميا. كذلك يوجد المعدن بكميات كبيرة في شيكولوبي باقليم كاتنجا بزائير وفي مناطق أخرى.

أوتونيت $[Ca(UO_2)_2(PO_4)_2.10\text{-}12H_2O]$:

يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي ، نظام الهرم المنعكس الرباعي المزدوج. البلورات لوحية تشبه كثيرا بلورات توربيرنيت. يوجد كذلك في هيئة مجموعات قشرية أو صفائحية . الصلادة = ٢ – ٢,٥. الوزن النوعي= ٣,١ – ٣,٢. البريق زجاجي ، أو لؤلؤي على سطح الشكل {١٠٠}. الانفصام كامل وموازي لأوجه الشكل {١٠٠}. غير قابل للكسر. اللون أصفر ليموني أو كبريتي. المخدش أصفر باهت. شفاف أو نصف شفاف. يتضوأ بقوة إذا تعرض لأشعة فوق البنسجية ويعطي لونا أخضرا مائلا للاصفرار. أوتونيت من معادن اليورانيوم الثانوية حيث يوجد في منطقة التأكسد والتجوية للعروق المائية الحارة والبجماتيت الحاوية للويرانينيت ومعادن اليورانيوم الأخرى. يوجد بمنطقة أوتون بفرنسا وفي البرتغال وألمانيا وزائير وجنوب أستراليا.

كارنوتيت $[K_2(UO_2)_2(VO_4)_2.3H_2O]$:

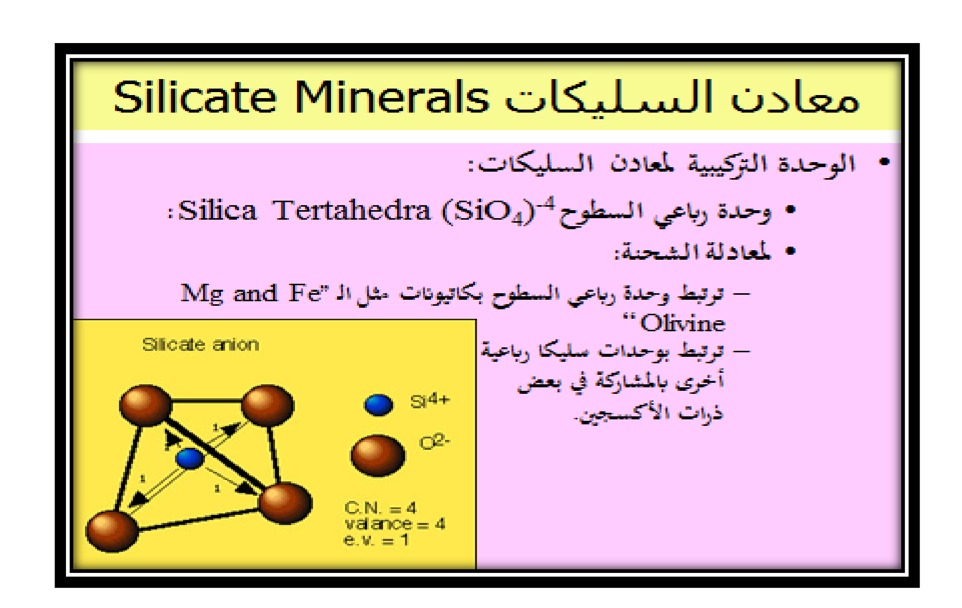
يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم . يوجد المعدن عادة في هيئة مسحوق أو حبيبات دقيقة متجمعة في مجموعات غير متماسكة جيدا ، وكذلك يوجد المعدن منتشرا في بعض الصخور. الوزن النوعي = ١,٠٣ (حسابيا). الانفصام كامل وموازي للمسطوح القاعدي {١٠٠}. البريق معتم أو أرضي. اللون أصفر فاقع أو أصفر مائل للخضرة.

معدن كارنوتيت من المعادن الثانوية. ويعزى تكونه في الطبيعة إلى تأثير المياه الأرضية على المعادن الأولية المحتوية على اليورانيوم والفناديوم. يوجد المعدن بصفة رئيسية في إقليم الهضاب بجنون غرب ولاية كولورادو والولايات القريبة بالولايات المتحدة الأمريكية. وتوجد بعض التجمعات المركزة من المعدن النقي حول جذوع الأشجار المتحجرة. يستعمل معدن الكارنوتيت كخام للفانديوم وكذلك اليورانيوم في الولايات المتحدة الأمريكية.

المعادن السليكاتية Silicates :

يضم هذا القسم عددا كبيرا جدا من المعادن قدر بحوالي ٢٥ في المائة من جميع المعادن المعروفة أو ما يقرب من ٤٠ % في المعادن الشائعة. وباستثناء عدد بسيط جدا من المعادن نجد أن معظم المعادن المكونة للصخور النارية عبارة عن معادن سليكاتية ، وعلى ذلك تكون معادن هذا القسم ما يقرب من ٩٠ في المائة من القشرة الأرضية.

فإذا تذكرنا متوسط التركيب الكيميائية للقشرة الأرضية نجد أن بين كل ١٠٠ ذرة في القشرة يوجد حوالي ٥٠ ذرة أكسجين ، ٢٥ ذرة سليكون ، ٨ ذرات ألومنيوم ، أما الحديد والكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم فيوجد من كل منهما ذرتان أو أكثر . وإذا استثنينا التيتانوم فإننا نلاحظ أن جميع العناصر الأخرى ليس لها قيمة من ناحية الحجم الذي تشغله في بناء القشرة لأرضية. ولما كان اهتمامنا بالمعادن وطبيعتها أساسه البناء الذري وليس كمية العناصر بالوزن الداخلة في تركيبها ، فإنه من الصواب تماما أن ننظر إلى مكونات القشرة بالنسبة للفراغ الذي تشغله بدلا من النسبة المئوية بالوزن لكمياتها. فإذا نحن فعلنا ذلك ، فإنه تبدو لنا صورة القشرة الأرضية في هيئة هيكل تشغله أيونات الأكسجين مرتبطة بأيونات السليكون والألومنيوم – الصغيرة الحجم ولكن ذات الشحنة العالية – في صورة معقدة قد تكون كثيرا أو قليلا . أما الفراغات البينية في هذا الهيكل المستمر من الأكسجين والسليكون والألومنيوم فإنها تشغل بأيونات المغنسيوم والحديد والكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم في حالات تناسق تتناسب مع نصف قطر أيون كل منها.



ويتبين لنا أن المعادن الغالبة في تركيب القشرة الأرضية هي السليكات والأكاسيد ، والتي تتوقف خواصها المختلفة على الظروف الكيميائية والفيزيائية لنشأتها. ومن بين المجموعات المختلفة للمعادن السليكاتية التي تميز الصخور النارية والرسوبية والمتحولة وعروق الخامات وصخور البجماتيت والصخور المتحولة والتربة ، تقص عليها كل مجموعة منها شيئا عن ظروف البيئة التي تكونت فيها. فإذا نظرنا إلى الصخور على أنها صفحات الكتاب الكبير الذي سجل فيه التاريخ الجيولوجي ، فإن المعادن هي الحروف التي طبعت بها صفحات هذا الكتاب ، وكلما فهمنا هذه الحروف وبنائها سهل علينا قراءة هذا السجل. وهناك دافع آخر إلى دراسة المعادن السليكاتية ، إن التربة الزراعية التي منها نستمد غذائنا يتكون معظمها من معادن سليكاتية ، وكذلك مواد البناء والأسمنت والزجاج إما أن تتكون من معادن سليكاتية أو مستمدة من معادن سليكاتية ، وتمدنا معادن السليكات بالخامات اللازمة لصناعة الخزف ، كما تسهم بنصيب كبير في حضارتنا ومستوى معيشتنا.

إن النسبة بين نصف قطر أيون السليكون الرباعي التكافؤ (A,42) إلى نصف قطر أيون الأكسجين (A,1.32) تساوي ٠,٣٨. وتدل هذه النسبة على أن التناسق الرباعي يمثل الحالة المستقرة لمجموعات السليكون والأكسجين. إن الوحدة الأساسية في تكوين بناء جميع المعادن السليكاتية تتكون من أربعة أيونات أكسجين عند أركان شكل رباعي الأوجه ، حيث تحيط بأيون السليكون الرباعي التكافؤ وتتناسق معه، وهذا الرباط القوي الذي يربط بين أيونات الأكسجين والسليكون هو في الحقيقة اللحام أو "الأسمنت" الذي يمسك بمادة القشرة الأرضية فلا تسقط كسفا أو ترابا.

وبالرغم من أن المشاركة بين الإليكترونات موجودة في رباط الأكسجين – السليكون ، إلا أن الطاقة الرابطة لأيون السليكون في مجموعها لا تزال موزعة بالتساوي بين جيرانه الأربعة : أيونات الأكسجين . وعلى ذلك ، فإن قوة أي رباط سليكون – أكسجين بمفرده تساوي نصف مجموعة الطاطقة الرابطة الموجودة في أيون الأكسجين ، ونتيجة لذلك ، يكون لكل أيون أكسجين المقدرة على الارتباط بأيون سليكون آخر ، والدخول في مجموعة أخرى رباعية الأوجه أي ترتبط مجموعتا رباعي الأوجه عن طريق أيون الأكسجين المشترك بينهما. وهذ المشاركة قد تتم عن طريق أيون أكسجين واحد من أيونات رباعي الأوجه الأربعة ، أو أيونين أو ثلاثة أيونات ، أو جميع الأيونات الأربعة ، مما يؤدي إلى تكوين أنواع متباينة من البناءات الذرية السليكاتية. ويمكننا أن نطلق على ارتباط المجموعات الرباعية الأوجه عن طريق المشاركة في ذرات الأكسجين إسم "بلمرة Polymerization" ، مستعيرين هذا اللفظ من الكيمياء العضوية ، هذه البلمرة هي السبب في تنوع البنيات السليكاتية.

وهناك علاقة بسيطة ، ولكنها في غاية الأهمية ، بين ظروف نشأة المعادن السليكاتية ودرجة البلمرة ، هذه العلاقة هي: عندما تكون جميع العوالم الأخرى واحدة ، فإنه كلما ارتفعت درجة حرارة التكوين انخفضت درجة البلمرة ، والعكس صحيح. وتتأثر هذه العلاقة بعديد من العوامل الخارجية ، أهما الضغط ودرجة التركيز الكيميائية. ولقد أدت الملاحظات على الأجسام الصخرية النارية المتبلورة على تأييد هذا الرأي بصفة عامة .

فقد لوحظ منذ وقت طويل أن المعادن السليكاتية في الصخور النارية تبدي نظاما وتتابعا في تبلورها (يمكن التنبؤ به) يبتدئ بتبلور الأوليفين ، ثم البيروكسين ثم الأمفيبول ثم الميكا. كذلك يبتدئ هذا النظام بمعادن البلاجيوكليز الغنية بالكالسيوم ، ثم ينتهي بالأرثوكليز والكوارتز. ولقد أيدت التجارب العملية التي قام بها الاستاذ بوون Bowen وزملائه بالمعمل الجيوفيزيائية بواشنطن مثل هذا التتابع في تكوين المعادن السليكاتية بانخفاض درجة الحرارة. ففي بدء عملية التبلو في المجما يتكون الاوليفين غير المتبلمر (درجات حرارة عالية) ، وفي نهاية عملية التبلور يتكون الأرثوكليز والكوارتز المتبلمران تبلمرا كاملا (أيونات الأكسجين الأربعة في رباعي الأوجه الواحد جميعها مشتركة مع مجموعات رباعي أوجه أخرى) وذلك عند درجات الحرارة المنخفضة.

ويلي الألومنيوم عنصري الأكسجين والسليكون في الأهمية بالنسبة لبناء القشرة الأرضية . والألومنيوم ثلاثي التكافؤ نصف قطر أيونه يساوي (A,0.51) . وتساوي النسبة بين نصف قطره ونصف قطر الأكسجين ٠،٣٨٦. وتقابل هذه النسبة عدد التناسق الرباعي. ولكن يلاحظ أن هذه النسبة بين نصفي القطرين مقاربة جدا للحد الأعلى لعدد التناسق الرباعي لدرجة أن عدد التناسق السداسي يمكن أيضا بالنسبة للألومنيوم ومستقر تماما مثل عدد التناسق الرباعي. وهذه المقدرة على القيام بدورين مختفين في بناء المعادن السليكاتية هي التي تكسب الألومنيوم أهميته البارزة في الكيمياء البلورية للسليكات ، فعندما يتناسق الألومنيوم مع أربعة ذرات أكسجين عند أركان رباعي الأوجه الأربعة ، فإن المجموعة الناتجة تشغل نفس الفراغ الذي يشغله رباعي الاوجه المكون من السليكات والأكسجين. ويمكن أن ترتبط مع رباعيات سليكونية مكونة مجموعات متبلمرة. ومن ناحية أخرى يمكن أيون الألومنيوم السداسي التناسق أن يقوم بربط مجموعات رباعية الأوجه بعضها ببعض بواسطة رابطة أيونية بسيطة ، أكثر ضعفا من تلك الرابطة التي تربط السليكون بالأكسجين في رباعي الأوجه ، وعلى ذلك ، فمن الممكن أن يوجد الألومنيوم في البنيات السليكاتية في كل من:

١- مركز رباعي الأوجه ، ذو التناسق الرباعي ، حيث يحل محل السليكون.

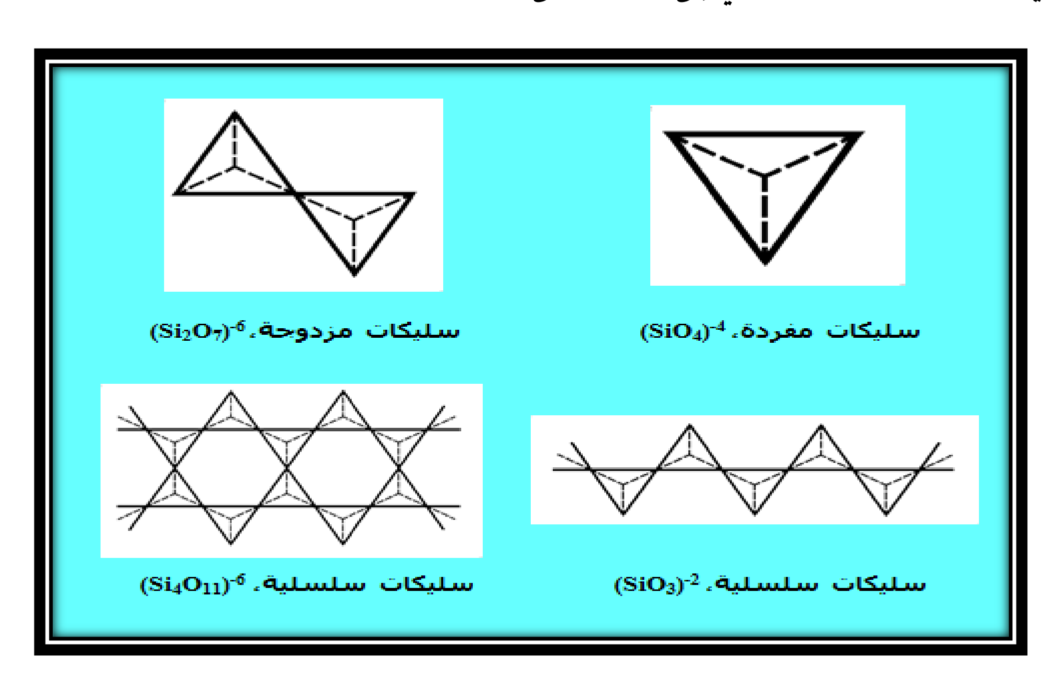
٢- مركز ثماني الأوجه ، ذو التناسق السداسي ، حيث يحل محل المغنسيوم والحديد الثنائي والثلاثي التكافؤ في هيئة محاليل جامدة.

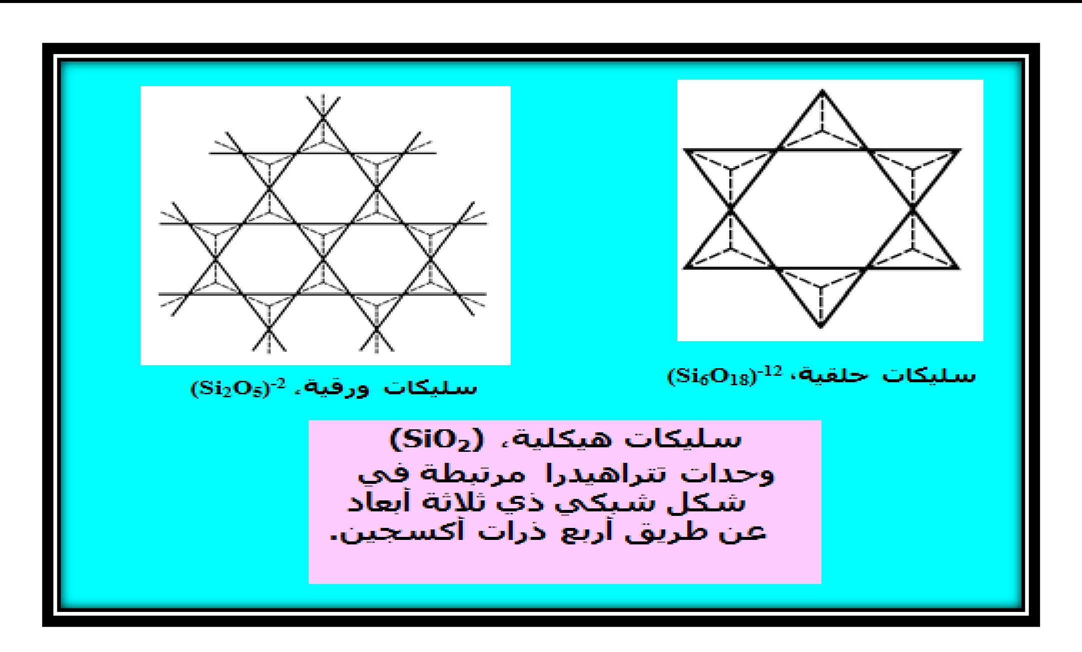
ويمثل كل من المغنسيوم ، والحديد ثنائي التكافؤ ، والمنجنيز ثنائي التكافؤ والألومنيوم والتيتانيوم رباعي التكافؤ إلى الوجود في البنيات السليكاتية في حالة سداسية التناسق بالنسبة للأكسجين. وبالرغم من أن هذه الأيونات ثنائية وثلاثية ورباعية التكافؤ إلا أن ما تتطلبه من فراغ يكاد يكون واحدا. وأن لها نفس نسبة نصف القطر إلى الأكسجين تقريبا ، وعلى ذلك تمثل إلى أن تشغل نفس النمط من المواقع الذرية. ويجب ألا يغيب عن هذا الذهب أنه في حالة استبدال أيون ثنائي بآخر ثلاثي التكافؤ. لابد أن يحدث في مكان ما في البناء الذري استبدال آخر بين أيون ثنائي التكافؤ وآخر أحادي التكافؤ حيث ينتج بناء متعادل الشحنات الكهربائية.

أما الكاتيونات الأكبر حجما وأقل شحنة كهربائية ، وهي الكالسيوم والصوديوم. نصف قطر أيونيهما A,0.99، A0.97 على التوالي ، فإنهما يتخذان مواقع عدد تناسقها يساوي ٨ ، أي تناسق مكعبي ، بالنسبة للأكسجين. وعندما يحل الكالسيوم محل الصوديوم فإن ذلك سوف يؤدي إلى عدم توازن الشحنات الكهربائية ، الأمر الذي يحتم أن يتم في نفس الوقت استبدال آخر بين كاتيون ثلاثي التكافؤ وآخر رباعي التكافؤ. فمثلا ، إذا حل أيون ألومنيوم محل أيون سليكون في موقع رباعي التناسق ، تكون النتيجة أن يفقد البناء الذري شحن موجبة ، وفي هذه الحالة لابد أن يحل الكالسيوم محل الصوديوم في موقع ثماني التناسق ، وبذلك يحتفظ البناء الذري بالتوازن والتعادل بين شحناته الكهربائية وهذا ما يحدث في البناء الذري لمعادن الفلسبار الصودية الكلسية ومعادن سكابوليت ، حيث يحل كل من الصوديوم والكالسيوم محل بعضهما البعض بكل حرية.

أما أكبر الأيونات حجما والشائعة في بناء السليكات فهي أيونات البوتاسيوم والروبيديوم والباريوم والقلويات الأرضية . ولا تحتل هذه الأيونات عادة مواقع الصوديوم والكالسيوم ، بل توجد في مواقع ذات عدد تناسق عالي ذي نمط فريد. وعلى ذلك فإن علاقات المحاليل الجامدة بين هذه الأيونات وبين الأيونات الشائعة محدودة ، وتكون عادة محصورة في البنيات المكونة في درجات الحرارة العالية. حيث تسهل الظروف تكوين المحاليل الجامدة.

وعلى أساس درجة البلمرة بين رباعيات الأوجه ، ومدى المشاركة في أيونات الأكسجين الأربعة ، يتكون الهيكل السليكاتي إما من رباعيات أوجه منفصلة أو رباعيات أوجه مضاعفة ولكن منفصلة ، أو من سلسلة منفردة ، أو سلسلة مزدوجة ، أو صفائح ، أو هيكل متشابك في أبعاد ثلاثة. وتستعمل النسبة p:q في القانون العام للمعادن السليكاتية (السليكون:الأكسجين) كأساس لتصنيف هذه المعادن ، إذ تتوقف الخواص الفيزيائية للمعدن واستقراره الكيميائي إلى حد كبير على هذه النسبة.





المعادن سيليكاتية

النوع	التعريف	المثال
السيليكات المنفردة **المعادن النيزوسليكاتية**	حيث تكون رباعيات الأوجه السيليكاتية منفصلة وغير مرتبطة مع بعضها بعضاً ..	معدن الأوليفين
السيليكات المزدوجة	حيث تكون رباعيات الأوجه السيليكاتية على شكل أزواج	معدن الميليليت
السيليكات الحلقية **المعادن السيكلوسليكاتية**	وتكون ثلاث أو أربع أو ست من رباعيات الأوجه السيليكاتية مرتبة على شكل دائري	معدن البيريل
السيليكات السلسالية **المعادن الأينوسيكاتية**	وتكون فيه رباعيات الأوجه السيليكاتية مرتبة على شكل سلاسل مستقيمة وهما نوعين : ١. سلاسل أحادية : وهي مجموعة سيليكات معقدة ٢. سلاسل مزدوجة : وهي كذلك سيليكات معقدة ، تختلف عن البيروكسين في تركيبها السلسالي المزدوج وفي احتوائها على الماء	١. سلاسل أحادية : مثل : مجموعة البيروكسين منها معدن الاوجيت . ٢. سلاسل مزدوجة : مثل : مجموعة الامفيبول منها معدن الهورنبلند
السيليكات الصفائحية **المعادن الفيللوسليكاتية**	تكون رباعيات الأوجه السيليكاتية مرتبة على شكل صفائح	معدن التلك ، ومعادن الميكا بشقيها المسكوفيت و البيوتيت ، والمعادن الطينية ، ومنها الكاولينيت
السيليكات الهيكلية **المعادن التكتوسليكاتية**	تترتب رباعيات الأوجه السيليكاتية ترتيباً شبكياً ثلاثي الإبعاد	معدن الكوارتز ، ومعدن الاورثوكليز

المعادن النيزوسليكاتية:

يضم هذا القسم جميع البنيات السليكاتية ذات رباعي الأوجه SiO_4 المنفصل وترتبط رباعيات الاوجه بعضها ببعض فقط عن طريق الكاتيونات البينية. وتتوقف هذه البنيات أساسا على حجم وشحنة هذه الكاتيونات البينية ، فقد تكون هذه الكاتيونات صغيرة الحجم مثل الحديد (الثنائي التكافؤ) والمغنسيوم كما في معادن الأوليفين $[(Mg,Fe)_2-SiO_4]$ ، أو أيونات كبيرة الحجم نسبيا مثل الزركونيوم (معدن الزركون $ZiSiO_4$) والثوريوم (معدن الثوريت $ThSiO_4$) واليورانيوم (معدن كوفينيت $USiO_4$). وقد تحل مجموعات (OH) إحلالا جزئيا محل SiO_4. أما في مجموعة معادن الجارنت فترتبط مجموعات رباعي الأوجه بعضها ببعض عن طريق نوعين من الكاتيونات. نوع ثنائي التكافؤ كبيرة الحجم (المغنسيوم والحديدوز والمنجنيز والكالسيوم) ، نوع ثلاثي التكافؤ أصغر حجما (الألومنيوم والكروميوم والحديديك) ، ويكون لها القانون العام $A_8B_2(SiO_4)_8$ ، حيث A تمثل الكاتيونات الثنائية التكافؤ ، B تمثل الكاتيونات الثلاثية التكافؤ. ويضم هذا القسم أيضا الأشكال المتعددة الثلاثية التركيب الكيميائي Al_2SiO_5 المعروفة بإسم سيليمنيت وكيانيت وأندلوسيت وجميعها ذات هيئة أليافية وتوجد بصفة مميزة في الصخور المتحولة. كما يضم هذا القسم معادن توباز وستوروليت وداتوليت وديمورتييريت.

وتصنف المعادن التابعة لهذا القسم كالآتي:

مجموعة فيناسيت :

- فيناسيت Phenacite $(Be_2(SiO_4)$ الثلاثي
- ويلليميت Willemite $(Zn_2(SiO_4)$ الثلاثي

مجموعة الاوليفين :

- فورستريت Forstirte $(Mg_2(SiO_4)$ المعيني القائم
- فياليت Fayalite $(Fe_2(SiO_4)$ المعيني القائم

مجموعة الجارنت :

- بيروب Pyrope $Mg_8Al_2(SiO_4)_9$ المكعب
- أملندين Almandite $Fe_8Al_2(SiO_4)_8$ المكعب
- سبسارتيت Spessartite $Mn_8Al_2(SiO_4)_8$ المكعب
- جروسيولاريت Grossularite $Ca_8Al_2(SiO_4)_8$ المكعب
- أندراديت Andradite $Ca_8Fe_2(SiO_4)_8$ المكعب
- يوفاروفيت Uvarovite $Ca_8Cr_2(SiO_4)_8$ المكعب

مجموعة الزركون :

- زركون Zircon $(Zr(SiO_4)$ الرباعي

مجموعة سليكات الألومنيوم $[A;2SiO_5]$:

- أندلوسيت Andalusite Al_2SiO_5 المعيني القائم
- سليمينيت Sillimanite Al_2SiO_5 المعيني القائم
- كيانيت Kyanite Al_2SiO_5 الميول الثلاثة
- توباز Topaz $Al_2(SiO_4)(F,OH)_2$ المعيني القائم
- ستوروليت Stairolite $Fe_2Al_6O_7(SiO_4)(O,OH)_2$ الميل الواحد

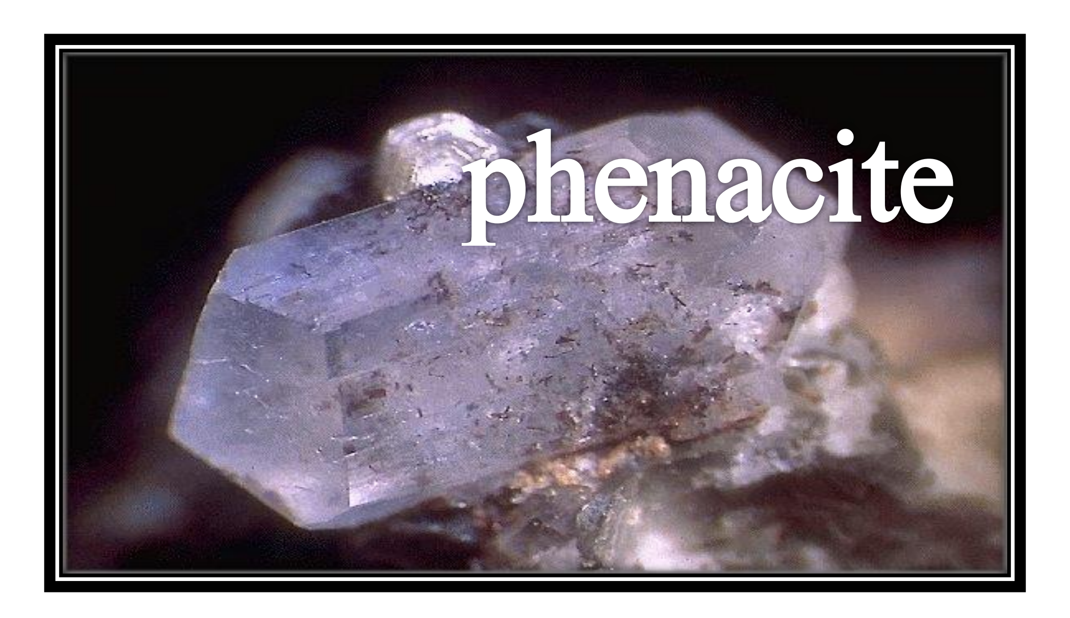
مجموعة كوندروديت :

- كوندروديت Chondrodite $Mg_5(SiO_4)_2(OH,F)_2$ الميل الواحد
- دانوليت Danolite $(CaB(SiO_4)(OH)$
- سفين Sphene $(CaTiO(SiO_4)$

مجموعة فيناسيت:

فيناسيت (Be2SiO4) :

فصيلة الثلاثي. الصلادة = ٧,٥ – ٨. الوزن النوعي = ٢,٩٧ – ٣,٠٠. الانفصام غير كامل {٢١١‾٠}. البريق زجاجي . اللون أبيض شفاف أو نصف شفاف. فيناسيت معدن نادر ، يوجد في جدد البجماتيت مصاحبا التوباز ، كريزوبيريل ، بيريل ، أباتيت. قد يستعمل المعدن كحجر كريم.

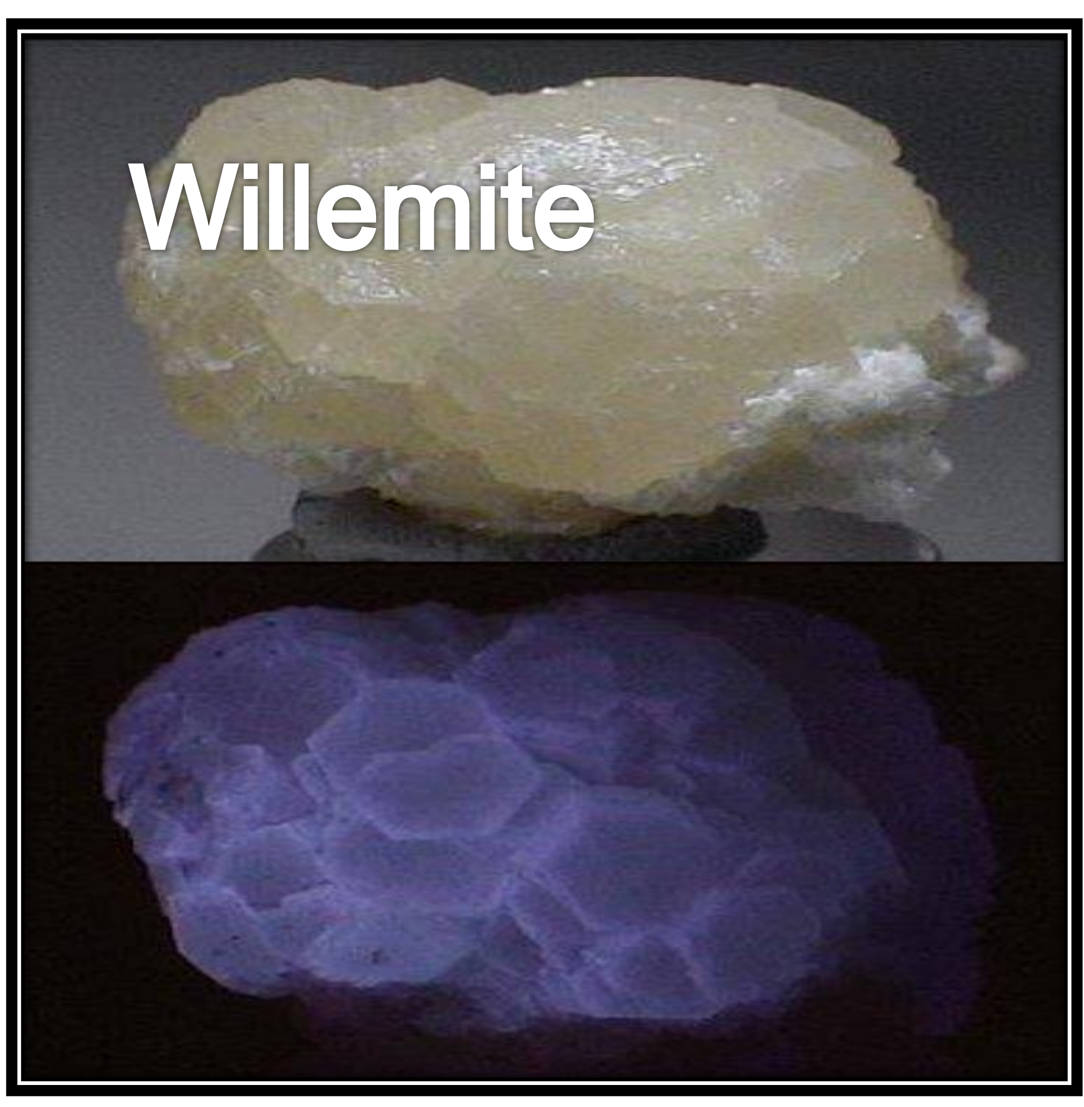


ويلليميت (Zn2SiO4) :

فصيلة الثلاثية ، كتلي أو حبيبي . الصلادة = ٥,٥. الوزن النوعي = ٣,٩ – ٤,٢. الانفصام {١٠٠٠}. البريق زجاجي أو راتنجي. اللون أخضر مائل للإصفرار ، أو أحمر أو بني ، قد يكون أبيضا عندما يكون نقيا. شفاف أو نصف شفاف.. قد يوجد المنجنيز حالا محل الزنك. يوجد المعدن في الصخور الجيرية المتحولة. نتيجة في بعض الأحيان لتحول معدن هيميمورفيت أو سميثسونيت . يعتبر المعدن خاما مهما للزنك.




Willemite


Willemite

مجموعة الأوليفين :

أوليفين [(Mg,Fe)2(SiO4)] :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنهكس ، تتكون البلورات عادة من ثلاثة بلورات وثلاثة مسطوحات وهرم منعكس. يوجد المعدن عادة في هيئة كتل حبيبية أو حبيبات منتشرة في وسط معادن أخرى. الصلادة = ٦,٥ – ٧. الوزن النوعي = ٣,٢٧ – ٤,٤. (تتوقف على كمية الحديد بالمعدن). المكسر محاري. البريق زجاجي. اللون أخضر زيتوني إلى أخضر رمادي أو بني. شفاف أو نصف شفاف.

التركيب الكيميائي: سليكات المغنسيوم والحديدوزن ، [(Mg,Fe2(SiO4)] توجد متسلسلة كاملة من التشابه الشكلي بين الفورستريت Mg2SiO4 Forstertite وبين الفياليت Mg2SiO4 Fayalite. وأغلب أنواع الأوليفين إنتشارا هي الغنية بالمغنسيوم.



الأوليفين من المعادن الشائعة نسبيا والمكونة للصخور ، وتختلف كمية وجوده في الصخر من معدن إضافي إلى معدن أساسي يكون معظم الصخر. يوجد المعدن بصفة رئيسية في الصخور الداكنة اللون الغنية بالحديد والمغنسيوم مثل صخور الجابرو والبيرويدوتيت والبازلت. وهناك نوع من الصخور القاعدية يعرف باسم الدونيت Donite يتكون كله تقريبا من معدن الأوليفين. ويوجد المعدن كذلك كحبيبات زجاجية في النيازك . وأحيانا يوجد المعدن في الصخور الجيرية والدولوميتية المتحولة. يصاحب الأوليفين معادن البيروكسيتات والبلاجيوكليزات القاعدية والماجنتيت والكرواندوم والكروميت والسربنتين.

يعرف النوع الأخضر الشفاف من المعدن بإسم الزبرجد Peridot ، وقد استعمل قدماء المصريين هذا المعدن كحجر كريم. يوجد المعدن في جزيرة البزرجد St. John's Island بالبحر الأحمر جنوب مرسى علم.



الأوليفين من المعادن التي تتحل بسهولة بواسطة العوامل الجوية حيث يعطي معادن السرنتين وأيضا معادن الماجنيزيت وأكاسيد الحديد. الإسم مشتق من لون المعدن الأخضر الزيتوني Olive green ، ولذلك يطلق عليه أيضا في اللغة العربية اسم "الزيتوني".

مجموعة معادن الجارنت :

تشمل هذه المجموعة عدة أنواع من الجارنت كلها في فصيلة المكعب نظام سداسي الثماني الا،جه ، وتتشابه جمعها في هيئتها وتركيبها الكيميائي الأساسي ولكن العناصر الداخلة في هذا التركيب تختلف اختلافا بينا. يغلب على بلورات هذه المعادن أشكال الإثنى عشر وجها معينا ، شكل (٢٠٢) ، والأربعة وعشرون وجها منحرفا ، حيث يوجد الشكلان مجتمعان مع بعضهما عادة على البلورة الواحدة .الصلادة = ٦,٥ – ٧,٥. الوزن النوعي = ٣,٥ – ٤,٣ (يتغير حسب تغير التركيب الكيميائي) ، البريق زجاجي أو راتنجي. اللون متغير حسب التركيب الكيميائي ، ولكن تكثر الألوان الحمراء ، وكذل اللون البني والأسود والأبيض والأخضر ، والأسود. المخدش أبيض . شفاف أو نصف شفاف.

التركيب الكيميائي: معادن الجارنت عبارة عن سليكات ينطبق عليها القانون A8S2(SiO4)8 ، حيث A تمثل الأيونات ثنائية التكافؤ مثل الكالسيوم والمغنسيوم والحديدوز والمنجنيز ، B تمثل الأيونات الثلاثية التكافؤ مثل الألومنيوم والحديديك والتيتانيوم والكروميوم. وفيما يلي بيان الأنواع المختلفة وتركيبها الكيميائي: اسم نوع المعدن : بيروب سليكات مغنسيوم وألومنيوم ٣,٥٨ ألمونديت سليكات حديدوز وألومونيوم ٤,٣٣ سبسارتيت سلكيات منجنيز وألومنيوم ٤,٦٩ جروسيولاريت سليكات كالسيوم وألومنيوم ٣,٥٩ أندراديت سليكات كالسيوم وحديديك ٣,٨٦ يوفاروفيت سليكات كالسيوم وكروميوم ٣,٨٠ .

بيروب: لونه أحمر قاني أو أسود تقريبا. يوجد عنصر الكالسيوم والحديد عادة ضمن التركيب الكيميائي للمعدن. شفاف وتستعمل هذه الأنواع كحجر كريم.



ألمونديت: لونه أحمر رائق. تستخدم الأنواع الشفافة منه في الأحجار الكريمة ، أما الأنواع الأخرى فهي نصف شفافة ذات لون بني مائل للاحمرار. قد يوجد عنصر الحديديك (محل الألومنيوم) والمغنسيوم (محل الحديدوز).

سبسارتيت: اللون بني أو أحمر ، قد يحل الحديدوز محل جزء من المنجنيز وكذلك الحديديك محل جزء من الألومنيوم.



جروسيولاريت: اللون أبيض أو أخضر أو أصفر بني مائل للاحمرار أو أحمر باهت. يحتوي عادة على الحديدوز (محل الكالسيوم) والحديديك (محل الألومنيوم).



أندراديت: اللون يختلف ما بين الأصفر والأخضر والبني والأسود. وقد يحل الألومنيوم محل الحديدك والحديدوز والمنجنيز والمغنسيوم محل الكالسيوم .



يوفاروفيت: اللون أخضر زمردي:

درجة إنصهار معادن الجارنت هي ٣ – ٣,٥ باستثناء يوفاروفيت الذي لا ينصهر ، وتنصهر الأنواع الحديدة (ألمونديت وأندراديت) إلى كرات مغناطيسية. لا تذوب معادن الجارنت في الأحماض.

تتيمز معادن الجارنت ببلوراتها المكعبة وصلادتها وألوانها. وقد يحتاج الأمر إلى التحليل الكيميائي للتفرقة بين الأنواع المختلفة. ولكن يمكن الإستعاضة عن التحليل الكيميائي بتعيين الوزن النوعي ومعامل الانكسار التي تؤدي إلى التفرقة بينها.



الجارنت من المعادن الشائعة الواسعة الإنتشار. حيث يوجد المعدن كمكون إضافي في الصخور المتحولة وكذلك في عروق البجماتيت وفي بعض أنواع الجرانيت. أما الجروسيولاريت فإنه يوجد بصفة اساسية في الصخور الجيرية المتحولة نتيجة للتحول الحراري أو الإقليمي. ويحتوي الشست الميكائي على نوع الألمونديت. أما البيروب فإنه يوجد عادة في صخور البيرودونيت والسرنتين الناتجة من تحولها. أما سبسارتيت فيوجد في صخر الريوليت. ويوجد اليوفاروفيت في صخر السرنتين مع معدن كروميت. كذلك يوجد معدن الجارنت كحبيبات مستديرة ضمن رمال الشواطئ في بعض الأماكن مثل الرمال السوداء عند رشيد ودمياط. يستعمل معدن الجارنت (الأخضر والأحمر الشفاف) كحجر كريم متوسط الثمن. وتستعمل كميات كبيرة من المعدن العادي في صناعة أحجار التجليخ وورق الصنفرة وأحجار الطعن والنشر وذلك نتيجة لصلادة المعدن العالية.

مجموعة الزركون :

زركون [ZrSiO4] يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي ، نظام الهرم المنعكس الرباعي المزدوج. يوجد على البلورة مجموعة بسيطة من شكلي المنشور والهرم المنعكس من الرتبة الأولى . كذلك يوجد المعدن في هيئة حبيبات غير منتظمة. الصلادة= ٧,٥. الوزن النوعي = ٤,٦٨. البريق ألماسي . اللون بني ، كذلك توجد عينات عديمة اللون أو رمادية أو خضراء أو حمراء . المخدش عديم اللون. نصف شفاف.

التركيب الكيميائي: سليكات الزركونيوم ، ZrO2 . 67.2% = Zr (SiO4)، 32.8% = SiO4. لا ينصهر المعدن ولا يذوب في الأحماض . إذا سخنت قطعة صغيرة من المعدن بشدة في اللهب فإنها تتوهج وتعطي ضواء أبيضا. يتميز المعدن بشكله البلوري ولونه وبريقه وصلادته ووزنه النوعي العالي.

معدن الزركون من المعادن الشائعة الواسعة الانتشار في جميع أنواع الصخور النارية ، ويغلب وجوده في الانواع الحمضية مثل الجرانيت والجرانوديوريت والسيانيت والمونزونيت ويكثر وجوده في صخر السيانيت النيفيليني. يوجد المعدن كذلك في الصخور الجيرية المتحولة والشست والنيس. كذلك يكثر وجوده في هيئة حبيبات مستديرة في رمال الشواطي النهرية والبحرية مثل رمال شاطئ رشيد ودمياط .





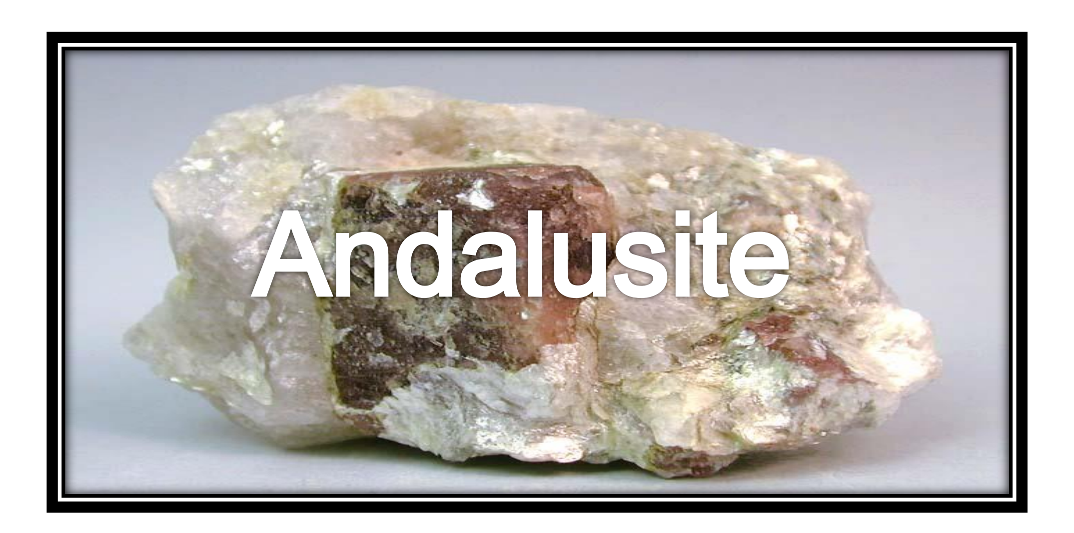
تستعمل الانواع الشفافة من المعدن في الأحجار الكريمة ، ويستعمل المعدن العادي كمصدر لأكسيد الزركونيوم الذي يستخدم في صناعة الحراريات التي تتحمل درجات عالية من الحرارة دون أن تنصهر. من الأنواع المشابهة للزركون في الشكل والبناء ، معدن الثوريت SiO4).



مجموعة معادن سليكات الألومنيوم [Al2SiO5] :

أندولوسيت [Al2SiO5] :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس. يوجد عادة في هيئة منشورات مربعة منتهية بالمسطوح القاعدي. الصلادة = ٤,٥. الوزن النوعي = ٣,١٦ – ٣,٢٠. البريق زجاجي. اللون أحمر باهت أو بني مائل إلى الاحمرار أو أخضر زيتوين. يحتوي النوع المسمى باسم كياستوليت Chiastolite على شوائب كربونية سوداء اللون مرتبة في هيئة صليب. شفاف أو نصف شفاف أو معتم.



يتكون معدن أندلوسيت في الطبيعة نتيجة للتحول الحراري للصخور الطينية والإردواز. وقد يتكون المعدن نتيجة للتحول الاقليمي للصخور وخصوصا التي يتصل تحولها بتدخل الجرانيت.

سبيلمنيت (Al_2SiO_5) :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس. يوجد في هيئة بلورات رفيعة غالبا في مجموعات متوازية . كذلك يكثر وجود البلورات الإبرية. الصلادة = ٦ – ٧. الوزن النوعي = ٣,٢٢. الانفصام كامل وموازي للمسطوح الجانبي {٠١٠}. البريق زجاجي . اللون بني أو أخضر باهت أو أبيض. شفاف أو نصف شفاف.



يعتبر معدن السيبليمنيت من المعادن النادرة نسبيا . يوجد المعدن في صخور الشت والنيس ذات التحول الحراري العالي. يصاحب المعدن عادة معدن كوراندوم.

كيانيت (Al2SiO5) :

يتبلور المعدن في فصيلة الميول الثلاثة. نظام المسطوح. يوجد عادة في هيئة بلورات طويلة لوحية غير منتهية بأوجه بلورية ، كذلك يوجد في هيئة مجموعات نصلية. الصلادة = ٥ في إتجاه موازي لطول البلورة ، ٧ في إتجاه متعامد على طول البلورة. الانفصام مسطوحي {٠٠١} كامل. الوزن النوعي = ٣,٢٦ – ٣,٦٦. البريق زجاجي أو لؤلؤي. اللون غالبا أزرق يزداد عمقا تجاه الداخل. كذلك توجد بعض العينات بيضاء أو رمادية أو خضراء اللون. يتميز المعدن ببلوراته الفضية ولونه الأزرق والاختلاف الواضح في صلادته باختلاف الاتجاه. يوجد في الصخور المتحولة (النيس والشست).



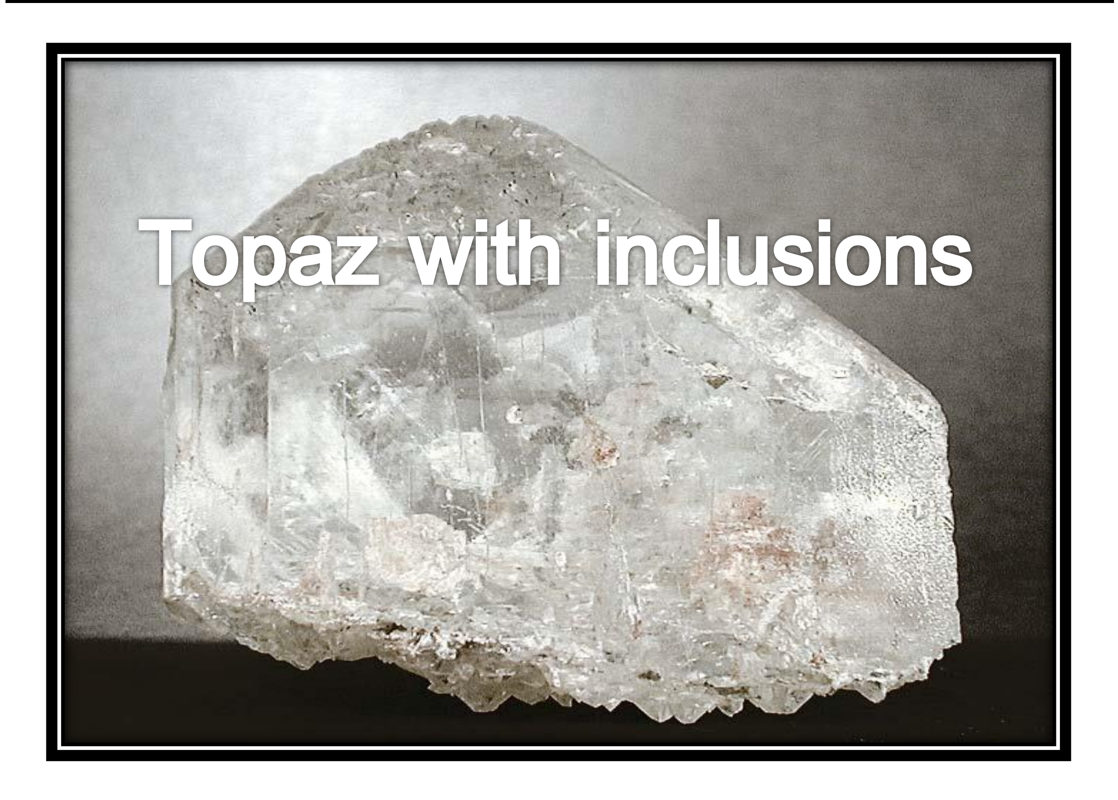


توباز [Al2(SiO4)(F2OH)2] :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس. البلورات منشورية منتهية بأهرامات ومسطوح قاعدي. أسطح المنشور تكون عادة مخططة. يغلب وجود المعدن في هيئة بلورات ولو أنه يوجد في بعض الأحيان في هيئة كتل متبلورة أو حبيبية خشنة أو دقيقة الحبيبات. الصلادة = ٨. الوزن النوعي = ٣,٥ – ٣,٦. الانفصام كامل وموازي للمسطوح القاعدي {١٠٠}. البريق زجاجي. اللون أصفر مثل القش أو مائل للاحمرار أو الزرقة أو الخضرة. شفاف أو نصف شفاف. يتميز المعدن بشكله البلوري وانفصامه القاعدي وصلادته العالية (٨) ووزنه النوعي العالي.







يتكون معدن التوباز في الصخور نتيجة لتفاعل الأبخرة الحاملة للفلورين والمنطلقة في المراحل الأخيرة من تجمد المجما عقب تبلور الصخور النارية. يوجد المعدن في فجوات في صخور الريوليت البركاني. وكذلك في الجرانيت والبجماتيت خصوصا الأنواع التي تحتوي على القصدير. ويصاحب المعدن التورمالين والكسيتريت والأباتيت والفلوريت والبيريل (الزمرد) والكوارتز والميكا والفلسبار. أحيانا يوجد المعدن كحبيبات مستديرة في رمال المياه الجارية. يستعمل المعدن كحجر كريم.

ستوروليت [(Fe2AlqO6(SiO4)4(O2OH2] :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم. نظام الهرم المنعكس. البلورات منشورية . يكثر وجود البلورات التوأمية في هيئة صليب. يندر وجود المعدن في هيئة مجموعات.

الصلادة = ٧ – ٧,٥. الوزن النوعي = ٣,٦٥ – ٣,٧٥. البريق زجاجي أو راتنجي عندما يكون المعدن غير متحلل ، ولكنه يصبح معتما أو مطفيا عندما يتحلل أو يحتوي على شوائب . اللون بني مائل إلى الاحمرار أو أسود بني ، نصف شفاف أو معتم.

معدن ستوروليت من المعادن الاضافية في صخور الشست المتبلورة والاردواز وفي بعض الأحيان النيس ، يصاحب المعدن عادة الجارنت والكيانيت والتورمالين.



مجموعة كوندروديت :

كوندروديت [Mg5(SiO4)2(F2OH)2] :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. نظام المنشور. يوجد في هيئة حبيبات أو كتل. الصلادة = ٦ – ٦,٥. الوزن النوعي = ٣,١ – ٣,٢. البريق زجاجي أو راتنجي. اللون أصفر باهت أو أحمر. نصف شفاف. التركيب الكيمائي: سليكات المغنسيوم الفلورية ، ويحل الهيدروكسي محل الفلورين. كما أن الحديد يحل محل جزء من المغنسيوم. تشمل مجموعة كوندروديت أربعة أنواع هي: نوربيرجيت ، كوندروديت ، هيوميت ، كاينوهيوميت.

ومعدن كوندروديت أكثر معادن هذه المجموعة انتشارا ، حيث يوجد في الصخور الجيرية الدولوميتية المتحولة مصاحبا معادن فلوجوبيت ، سبنيل ، بيروتيت ، جرافيت.

داتوليت [(SaB(SiO4)(OH)] :

يتبلور هذا المعدن في فصيلة المعل الواحد ، نظام المنشور . يوجد عادة في هيئة بلورات أو حبيبات. كذلك يوجد في هيئة كتل متماسكة تشبه الخزف المطفي . الصلادة = ٥ – ٥,٢. الوزن النوعي = ٢,٨ – ٣,٠. البريق زجاجي عديم اللون أو أبيض. عادة مائل للخضرة. شفاف أو نصف شفاف.

دانوليت معدن ثانوي النشأة . يوجد عادة في الفجوات الموجودة في طفوح البازلت والصخور المشابهة ، حيث يصاحب معادن الزلوليت والبرهنيت – فيلليت وكالسيت.

سفين [CaTiO(SiO4)] (يعرف أيضا باسم تيتانيت) :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. تختلف البلورات في هيئاتها . تأخذ الأشكال البلورية الموجودة على المعدن شكل الوتد. الصلادة = ٥ – ٥,٥. الوزن النوعي = ٣,٤ – ٣,٥٥. الانفصام منشورية أو مسقوفي. البريق راتنجي أو ألماسي. اللون رمادي أو بني أو أخضر أو أصفر أسود. شفاف أو نصف شفاف.







سفين من المعادن الاضافية الشائعة نسبيا في الصخور النارية مثل الجرانيت والجرانوديوريت والديوريت والسيانيت النيفيليني حيث يوجد في هيئة بلورات صغيرة. كذلك يوجد في هيئة بلورات كبيرة نسبيا في الصخور المتحولة مثل النيس والشست والأحجار الجيرية المتبلورة. يصاحب عادة معدن كلوريت.

ديمورتيريت [Al,Fe)7O8(BO8)(SoO4)3)] :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم . يوجد عادة في هيئة مجموعات متبلورة اليافية أو عمدانية ، غالبا شعاعية. الصلادة = ٧. الوزن النوعي = ٣,٢٦ – ٣,٣٦. الانفصام {٠٠١} ضعيف. البريق زجاجي . اللون أزرق أو أزرق مائل للخضرة أو بنفسجي أو وردي. شفاف أو نصف شفاف.

التركيب الكيميائي: سليكات الألومنيوم البورونية. يوجد المعدن في صخور الشست والنيس ، وفي أحوال نادرة يوجد في جدد البجماتيت. يستغل المعدن في صناعة الخزف من النوع الجيد جدا.

المعادن السوروسليكاتية :

يضم هذا القسم المعادن التي تتميز بوجود مجموعات مزدوجة لرباعي الأوجه مكونة من رباعي أوجه SiO4 مرتبطين عن طريق اشتراكهما في ذرة أكسجين وتكون نسبة السليكون إلى الأكسجين في مثل هذا البناء كنسبة ٢:٧.

وتعتبر مجموعة معادن الأبيدوت أهم المعادن التي تنتمي إلى قسم السوروسليكات. ويحتوي بناء الابيدوت المعقد على مجموعات من SiO4 المنفصلة ، وSi2O7. وفي التركيب الكيميائي يوجد نوعان من الكاتيونات في الأبيدوت ، مثله في ذلك مثل الجارنت . فتضم الأنواع الممثلة بالرمز X الكاتيونات الكبيرة والضعيفة الشحنة مثل الكالسيوم والصوديوم. أما النوع الثاني Y فيضم الكاتيونات الأصغر والأعلى شحنة مثل الألومنيوم والحديديك والمنجنيز ثلاثي التكافؤ وفي حالات نادرة ثنائي التكافؤ. وعلى ذلك يمكن كتابة القانون العام للابيدوت هكذا $X_2Y_2O(SiO_4)(Si_2O_7)(OH)$.

وجميع أفراد مجموعة الأبيدوت (باستثناء زوبست) متشابهة البناء وتتبلور في فصيلة الميل الواحد حيث تستطيل في اتجاه المحور ب. وتضم مجموعة المعادن السوروسليكاتية ، بالإضافة إلى مجموعة معادن الأبيدوت معادن : فيزوفيانيت (الذي له بناء ذري مشابه للأبيدوت. أي يحتوي على كل من SiO4 , Si2O7) وهيميورفيت ولاوسونيت وبريهنت.

هيميمورفيت $Zu_4(SiO_7)(OH)_2.H_2O$:

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم. نظام الهرم . البلورات لوحية موازية للمسطوح الجانيب. يوجد المعدن عادة في هيئة مجموعات بلورية حيث تلتصق البلورات بنهاياتها السفلى. وقد تتفرق البلورات عن بعضها البعض فتبدو كمجموعات دائرية. كذلك توجد المجموعات البلورية للمعدن في هيئة كروية أو حبيبية أو استلاكتيتية أو ترابية.







الصلادة = ٤,٥ – ٥. الوزن النوعي = ٣,٤ – ٣,٥. الانفصام منشورية {٠١١}. البريق زجاجي. اللون أبيض ولكنه في بعض الأحيان يكون أزرقا باهتا أو أخضرا باهتا. شفاف أو نصف شفاف. المعدن له خاصية الكهرباء الحرارية واضحة. معدن هيميمورفيت من المعادن الثانوية النشأة حيث يوجد في الاجزاء العليا المتأكسدة من رواسب الزنك. ويصاحب المعدن معادن سميثسونيت وسفاليريت وسيروسيت وانجليزيت وجالينا. يستعمل المعدن كخام للزنك.

مجموعة معادن الابيدوت :

وتتبلور معادن هذه المجموعة باستثناء الزويسيت في فصيلة الميل الواحد.

كلينوزويسيت (Ca2Al8O(SiO4)(Si2O7)(OH :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. نظام المنشور. البلورات منشورية موازية للمحور ب ومخططة في هذا الاتجاه. الصلادة = ٦ – ٦,٥. الوزن النوعي = ٣,٢٥ – ٣,٢٧. البريق زجاجي. اللون رمادي أو أبيض أو أخضر رمادي. شفاف أو نصف شفاف .

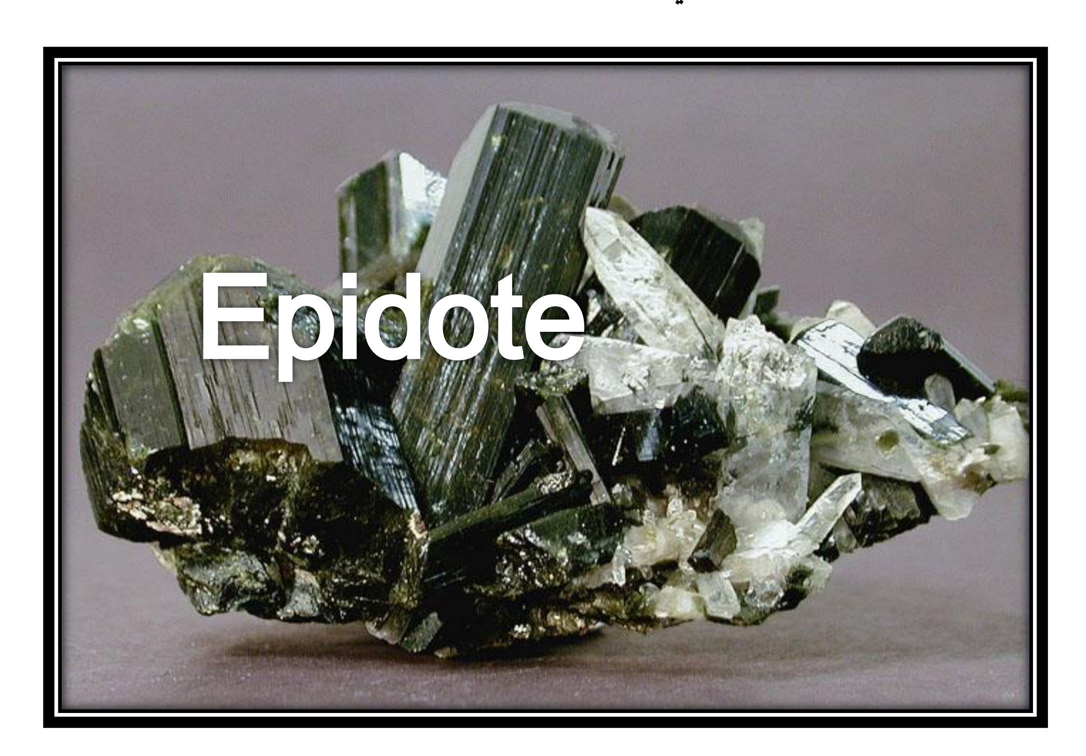


التركيب الكيميائي: سليكات مائية للكالسيوم والألومنيوم. توجد متسلسلة كاملة من المحاليل الجامدة بين كلينوزويسيت وإبيدوت. يوجد المنجنيز في النوع الأحمر الوردي المعروف باسم توليت Thulite.

يوجد المعدن عادة في صخور الشست التي تكونت نتيجة لتحول الصخور النارية الداكنة التي تحتوي على معادن الفلسبار الكلسية ، ويصاحب عادة معادن الأمفيبول ، يوجد في الصخور النارية كناتج تحلل لمعادن البلاجيوكليز. زويسيت Zoisite معدن له نفس تركيب كلينوزويسيت الكيميائي. يشبه المعدن كلينوزويسيت في المظهر والوجود في الطبيعة ، وكلنه أقل انتشارا من كلينوزويسيت.

إبيدوت (Ca2(Al,Fe)Al2O(SiO4)(Si2O7)(OH) :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. نظام المنشور. البلورات عادة طويلة مخططة في موازة المحور ب. يوجد المعدن في بلورات خشنة أو دقيقة الحبيبات. كذلك يوجد في هيئة أليافية. الصلادة = ٦ – ٧. الوزن النوعي = ٣,٢٥ – ٣,٤٥. الانفصام كامل وموازي للمسطوح القاعدي {١٠٠} وغير كامل موازي للمسطوح الأمامي {١٠٠}. البريق زجاجي. اللون أخضر فستقي أو أخضر مائل إلى السواد أو الاصفرار ، وقد يكون أسودا في بعض العينات. شفاف أو نصف شفاف. درجة الإنصهار ٣ – ٤ ، مع حدوث انتفاخ ورغوة. يتميز المعدن بلونه الأخضر وانفصامه الكامل في مستوى واحد.



يوجد معدن إبيدوت عادة في الصخور المتحولة مثل النيس والأمفيبوليت والشست بأنواعه المختلفة. حيث ينتج المعدن من تحلل معادن الفلسبار والبيروكسين والأمفيبول والبيوتيت. يصاحب المعدن عادة معدن كلوريت. يتكون معدن إبيدوت أيضا أثناء التحول الحراري للصخور الجيرية غير النقية . يعتبر الإبيدوت من المعادن الواسعة الإنتشار.



معدن بيدمونتيت Piedmontite نوع يشبه الإبيدوت في البناء والتركيب الكيميائي ولكنه يحتوي على المنجنيز (ثلاثي التكافؤ) ، ويوجد في صخور الشست وخامات المنجنيز.

ألانيت (أورثيت) (X2Y8O(SiO4)(Si2O7)(OH :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. يوجد عادة في هيئة كتلية أو هيئة حبيبات منتشرة. الصلادة = ٥ – ٦,٥. الوزن النوعي = ٣,٥ – ٤,٢. البريق تحت فلزي أو راتنجي أو مثل القار. اللون بني أو أسود كالقار ، وقد يوجد المعدن مغطى بطبقة رقيقة صفراء بنية ناتجة من تحلل المعدن. نصف شفاف. له خاصية النشاط الإشعاعي ولكن بشكل ضعيف. يوجد ألانيت كمعدن إضافي بصفة قليلة في كثير من الصخور النارية مثل الجرانيت والسيانيت والبجماتيت ويغلب تواجده مع معدن إبيدوت. وقد وجد أن المعدن أيضا في بعض الصخور الجيرية المتحولة بالحرارة ، وكذلك في بعض رواسب الماجنتيت . يوجد المعدن في مصر في عروق البجماتيت بوادي الجمال بالصحراء الشرقية الجنوبية. كما يوجد منتشرا في بعض أنواع الجرانيت بمنطقة أسوان.




Allanite

فيزوفيانيت (ايدوكريز) $Ca_{10}(MgFe_2)Al_4(SiO_4)_6(SiO_7)_2(OH)_4$:

يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي ، نظام الهرم المنعكس الرباعي المزدوج. البلورات منشورية الهيئة وتكون عادة مخططة طوليا. يوجد المعدن عادة في هيئة بلورات ، ولكن المجموعات العمدانية أكثر انتشارا. كذلك يوجد في هيئة كتلية أو حبيبية . الصلادة = ٦,٥. الوزن النوعي = ٣,٣٥ – ٣,٤٥. البريق زجاجي أو راتنجي. اللون عادة أخضر أو بني ، كذلك قد يكون أصفرا أو أزرقا أو أحمرا. نصف شفاف . المخدش أبيض.
يوجد المعدن عادة في الصخور الجيرية المتبلورة نتيجة للتحول الحراري.





بريهنيت $Ca_2Al_2(Si_3O_{10})(OH)_2$:

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم. يوجد عادة في هيئة مجموعات متبلورة كلوية أو استلاكتيتية أو مجموعات كروية. البلورات مسطحة (لوحية). الصلادة = ٦ – ٦,٥. الوزن النوعي = ٢,٨ – ٢,٩٥. البريق زجاجي. اللون عادة أخضر فاتح مائل للبياض نصف شفاف. يوجد بريهنيت كمعدن ثانوي النشأة في الفراغات في صخر البازلت والصخور المماثلة. يصاحب معادن زيوليوت وداتولت وبكتوليت وكالسيت.





المعادن السيكلوسليكاتية :

تتكون المعادن السيكلوسليكاتية (أو الحلقية) من حلقات متصلة من رباعي الأوجه SiO4 . وفيها تكون نسبة السليكون إلى الأكسجين كنسبة ١:٣.

وهناك ثلاثة أنواع من الحلقات المقفولة الممكنة هي:

١- الحلقة الثلاثية Si8O9: مكونة من ثلاثة رباعي الأوجه ، وهذه أبسطها ، وهذه ممثلة فقط بالمعدن بنيتويت BaTiSi8O9 Benitotite .

٢- الحلقة الرباعية Si4O12: مكونة من أربعة رباعي الاوجه توجد مع المثلثات BO3 ومجموعات (OH) في البناء المعقد لمعدن أكسينيت Axinite.

٣- الحلقة السداسية Si6O16: مكونة من ستة رباعي الأوجه ، وهذه تمثل الهيكل الأساسي في بناء معادن البيريل والتورمالين الهامة الواسعة الانتشار.

ويضم هذا القسم المعادن التالية:

بنيتويت BaTiSi8O9 Bernitoite السداسي
أكسينيت Ca2(Fe,Mn)Al2(BO8)(Si4O12)(OH Axinite) الميول الثلاثة
مجموعة البيريل:
بيريل Be8Al(Si6O61 Beryl) السداسي
كورديريت Ma2Al8(AlSi6Oa8 Cordierite) المعيني القائم
تورمالين XY8Al6(BO3)8(Si6O18)(OH)4 Tourmaline الثلاثي
كريزوكولا CuSiO8-nH8O Chrysocolla خفي التبلور

بنيتويت BaTiSI8O9 :

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي. نظام الهرم المنعكس الثلاثي المزدوج . الصلادة = ٦,٥. الوزن النوعي = ٣,٦. درجة الانصهار = ٣. اللون أزرق مثل السافير Sapphire أو أزرق باهت أو عديم اللون. يوجد هذا المعدن النادر مصاحبا معدن نطروليت Natrolite في صخور الشست الجلوكوفيني في مقاطعة سان بنيتو في ولايات كاليفورنيا.

أكسينيت Ca2(Fe,Mn(Al2(BO8)(Si4O12)(OH) :

يتبلور المعدن في فصيلة الميول الثلاثة ، نظام السطح (المعدن الوحيد الذي يتبلور في هذا النظام). البلورات عادة رفيعة . يوجد عادة في هيئة بلورات ومجموعات متبلورة ، كذلك في هيئة كتل أو صفائح أو حبيبات. الصلادة = ٦,٥ – ٧. الوزن النوعي = ٣,٢٧ – ٣,٣٥. البريق زجاجي. اللون بني مائل إلى الإحمرار أو بنفسجي أو رمادي أو أخضر أو أصفر . شفاف أو نصف شفاف. يوجد المعدن في صخر الجرانيوليت (صخر متحول) ، وفي نطاقات التماس مع الكتل الجرانيتية المتداخلة.

بيريل (الزمرد) ($Be_8Al_2(Si_6O_{18}$) :

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي. نظام الهرم المنعكس السداسي المزدوج. توجد البلورات في هيئة منشورية واضحة. الاوجه عادة مخططة وخشنة. فقد تبلغ بلورات البيريل أحجاما ضخمة . وقد بلغ طول إحدى البلورات التي وجدت بولايات Maine بأمريكا ٢٧ قدما وكانت تزن اكثر من ٢٥ طنا .

الصلادة = ٧,٥ – ٨. الوزن النوعي = ٣,٧٥ – ٢,٨. الانفصام قاعدي غير كامل. البريق زجاجي. اللون أخضر مائل للزرقة أو أصفر فاتح ، وقد يكون المعدن ذا لون أخضر زمردي أو أصفر ذهبي أو رمادي أو أبيض أو عديم اللون. شفاف أو نصف شفاف. يتميز المعدن عادة ببلوراته السداسية ولونه. كما يختلف عن معدن الأباتيت في الصلادة.

يعتبر معدن البيريل – ولو أنه يحتوي على عنصر البيريليوم النادر – من المعادن الشائعة الواسعة الانتشار. يوجد المعدن في صخور البجماتيت الجرانيتية وكذلك في صخور الشست الميكائي.

وقد يوجد في مصر في بعض المناطق (سيكايت ونجرس وأم كابو) بجنوب الصحراء الشرقية.

يجد معدن البريل استعمالات كثيرة له في الصناعة. ويعتبر المعدن أهم مصدر لعنصر البيريليوم الذي يستخدم في صناعة بعض السبائك النحاسية ، كما يعتبر البيريل في الوقت الحاضر من المعادن الاستراتيجية الهامة وذلك لاستعماله في أغراض الطاقة الذرية. وتتهافت الدول في الحصول على هذا المعدن الهام.



كورديريت (ديكرويت) ($Mg_2Al_8(AlSi_5O_{18}$) :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم. نظام الهرم المنعكس. البلورات عادة منشورية قصيرة مجموعة في هيئة توائم سداسية كاذبة. كذلك يوجد في هيئة حبيبية أو كتلية . الصلادة = ٧– ٧,٥. الوزن النوعي = ٢,٦٠ – ٢,٦٦. الانفصام مسطوحي ضعيف {٠١٠}. البريق زجاجي. اللون (ظلال مختلفة). شفاف أو نصف شفاف. يعرض ظاهرة التغير اللوني Pleochroism.

يشبه كورديريت معدن الكوارتز ويفرق عنه بصعوبة. خلافا للكوارتز تنصهر حروف الكورديريت الرفيعة. ويتميز عن الكوراندوم بصلادته الأثل وإذا شوهد التغير اللوني فإن ذلك يعتبر مميزا للمعدن.

يتحلل المعدن عادة إلى معادن الميكا والكلوريت أو التلك ويصبح لونه في هذه الحالة مائلا إلى الإخضرار. يوجد كورديريت كمعدن إضافي في صخور الجرانيت والنيس (النيس الكورديريتي) والشست وفي نطاقات التحول التماسي(الحراري).

تورمالين (سليكات معقدة للبورون والألومنيوم) :

يتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي ، نظام الهرم الثلاثي المزدوج. البلورات عادة منشورية. الأسطح المنشورية مخططة في حالات كثيرة ومقطعها يشبه مثلث دائري. تنتهي البلورات عادة بالسطح Pedion. والأهرامات الثلاثية (سالبة وموجبة) ، وقد توجد الأهرامات الثلاثية المزدوج . البلورات شائعة ولكن يوجد المعدن أيضا في هيئة كتل متماسكة أو عمدان دقيقة أو خشنة قد تكون متوازية أو شعاعيا.

الصلادة = ٧ – ٧,٥. الوزن النوعي = ٣ – ٣,٢٥. البريق زجاجي أو راتنجي، اللون متغير ويتوقف على التركيب الكيميائي. فالتورمالين العادي الذي يحتوي على كمية كبيرة من الحديد (شورليت Schorlite) لونه أسود أو بني. وهناك أنواع أخرى لونها أحمر أو وردي أو أخضر أو أزرق أو أصفر ، ولكن يندر وجود اللون الأبيض أو الشفاف ، وتوجد بعض بلورات التورمالين ذات الألوان المتعددة ، فتظهر البلورة الواحدة متعددة الألوان من الخارج إلى الداخل ، أي أن المقطع المستعرض لمثل هذه البلورة يبدي عدة ألوان موزعة في حلقات أو نطاقات دائرية داخل بعضها ، وللتورمالين خاصية الكهرباء الحرارية وكذلك الكهرباء الضغطية.

التركيب الكيميائي: سليكات معقدة للبورون والألومنيوم ، ويمكن كتابة هذا التركيب في صورة قانون عام هكذا: $YX8Al5(BO8)8(Si6O18(OH)4$ ، حيث X = Ca , Na ، و Y = Mg, Li, Fe، *Al*. يتميز المعدن بالأشكال الدائرية لمقاطعه المستعرضة . ويختلف عن معدن الهورنبلند بعدم وجود الانفصام المنشوري.

يوجد معدن تورمالين في صخور البجماتيت الجرانيتية والصخور المجاورة لها. والأنواع الشائعة في البجماتيت هي سوداء ولو أن الألوان الفاتحة الشفافة المستعملة في الأحجار الكريمة توجد أيضا في مثل هذه الصخور ويصاحب التورمالين عادة معادن البجماتيت العادية مثل الأرثوكليز والألبيت والكوارتز والمسكرفيت.وكذلك معادن ليبيدوليت وبيريل وأبات وفلوريت ومعادن أخرى نادرة. وقد يوجد معن الترومالين في الصخور النارية والمتحولة مثل الشست والنيس والصخور الجيرية المتبلورة كمعدن إضافي.

تستعمل الأنواع الشفافة ذات الألوان الجميلة من التورمالين في صناعة الأحجار الكريمة. يختلف ألوان هذه الأحجار الكريمة من أخضر زيتوني إلى أحمر وردي أو أحمر أو أزرق. وفي بعض الأحيان يقطع الحجر بطريقة تجعله يعرض ألوانا مختلفة في الاجزاء المختلفة. ويعرف النوع الأخضر باسم المعدن أي تورمالين ،

أما الأحجار الحمراء فتعرف باسم روبيلليت Rubellite ، وتعرف الأحجار الزرقاء النادرة باسم إنديكوليت Indicolite. وتستعمل كثير من بلورات المعدن في صناعة أجهزة الضغط وأجهزة قياس درجات الحرارة العالية وذلك نظرا لخاصيتي المعدن المميزتين: الكهرباء الضغطية والكهرباء الحرارية.





كريزوكولا CuSiO3nH2O :

خفي التبلور أو عديم التبلور. متمساك في هيئة كتل. في بعض الأحيان يكون ترابي. الصلادة = ٢ – ٤. الوزن النوعي = ٢,٠ – ٢,٤. المكسر محاري. البريق زجاجي أو مطفي. اللون أخضر أو أزرق مائل للخضرة. بني أو أسود عندما يكون غير نقي. يتميز المعدن بلونه الأخضر أو الأزرق ومكسره المحاري. يتميز عن التركواز (الفيروز) بصلادته الأقل.

كريزوكولا معدن ثانوي النشأة يوجد في نطاقات الأكسدة في العروق النحاسية. يصاحب معدن ملاكيت وأزوريت وكوبريت والنحاس العنصري ، الخ. يوجد في الأجزاء السطحية لبعض المناطق في الصحراء الشرقية وسيناء. من الأنواع المشابهة معدن ديوبتيز Dioptase Cu6(Si6O18)6H2O ذو اللون الأخضر الذي يوجد في بلورات معينية الأوجه كاملة التكوين.

المعادن الأينوسيكاتية :

قد ترتبط مجموعات رباعي الاوجه SiO4 بعضها ببعض عن طريق اشتراكها في ذرتين من ذرات الأكسجين الاربعة في كل منها. وينتج عن هذا الارتباط بناء في شكل السلسلة (سلسلة مفردة). وقد ترتبط مثل هذه السلاسل المفردة ببعضها البعض مرة أخرى لتكوين سلاسل مزدوجة ، وتميز هاتان البنيتان المعادن الاينوسلكاتية. ففي بناء السلسلة المفردة تشترك ذرتين من ذرات الأكسجين الأربعة في كل من رباعي أوجه SiO4 بين رباعي أوجه متجاورين. وتكون نسبة السليكون إلى الأكسجين في مثل هذا البناء كنسبة ١:٣. أما في بناء السلسلة المزدوجة فيشترك نصف عدد رباعي الأوجه في ذرتين من الأكسجين لكل منها ويشترك نصف العدد الآخر في ثلاث ذرات من الأكسجين لكل منها ، وتكون نسبة السليكون إلى الأكسجين في مثل هذا البناء كنسبة ٤:١١.

وتمثل معادن البيروكسين Pyroxenes ، التي لها القانون الكيميائي العام XY(SI2O6) ، بناء السلسلة المفردة بوضوح ، ويمكن أن نتصور هذا البناء على أنه مكون من سلاسل مفردة من السليكون والأكسجين موازية لبعضها البعض ومنتدة بدون نهاية في اتجاه المحور ج ، وتتصل ببعضها البعض فقط عن طريق الكاتيونات المملقة بالرمزين X، Y (رابطة أيونية). والكاتيونات X كبيرة الحجم ضعيفة الشحنة ، وتكون غالبا عبارة عن صوديوم أو كالسيوم وتتصل بثمانية ذرات أكسجين من جيرانها. أما الكاتيونات Y فهي أصغر حجما وترمز إلى الحديد أو الحديديك ، الألومنيوم ، المنجنيز الثنائي أو الثلاثي التكافؤ ، وحتى الليثيوم أو التيتانوم الرباعي التكافؤ.

وتتبلور معادن البروكسين في فصيلتي المعيني القائم والميل الواحد. فإذا كانت المواضع X ، Y مشغولة بأيونات صغيرة ينتج بناء معيني قائم . أما إذا كانت المواضع X، Y مشغولة بأيونات كبيرة وصغيرة على التوالي فإنه ينتج بناء ميل واحد. وعندما تكون المواضع X، Y مشغولة بأيونات كبيرة فإن بناءا ذريا له تماثل الميول الثلاثة ينتج ، مثل معادن ردودونيت (MSiO8) ، ولاستونيت (CaSiO8). ويوجد في جميع معادن البيروكسين انفصام منشورية {٠١١} يتقاطع في زوايا قائمة تقريبا ، ويوازي السلاسل SiO8 ، كما يوجد بها عادة انفصال ظاهر موازي للمسطوح الأمامي {٠٠١} ، والمسطوح القاعدي {١٠٠}.

وتحت ظروف خاصة من الضغط والحرارة يتخذا المركبان ((Mg,Fe2Si2O6)، (Mg2Si2O6) ، شكل بلوريا آخر (غير المعيني القائم) ينتمي إلى فصيلة الميل الواحد. ومعادن البيروكسين من المعادن الشائعة في تركيب الصخور النارية خصوصا القاعدية منها وكذلك في بعض أنواع الصخور المتحولة.

أما معادن الأمفيبول Amphibles ، وهي من المعادن الشائعة والهامة في تركيب الصخور فإنها تكون مجموعة تشبه إلى حد كبير معادن البيروكسين ، ولكن هناك بعض الفوارق والتي تعزى إلى الإختلاف في البناء الذري بين المجموعتين ، فتتميز معادن الأمفيبول بوجود السلسلة المزدوجة(Si4O11) ، كبناء أساسي في تركيبها. وتمتد هذه السلاسل المزدوجة بدون نهاية في اتجاه موازي للمحور ج وللانفصام المنشوري الكامل {٠١١}. ولكن مستويات الانفصام في هذه الحالة تتقاطع في زاويتين غير قائمتين تساويان

٥٦° ، 124° تقريبا. وعلى ذلك يستفاد من الاختلاف في زاوية الانفصام للتفرقة السريعة بين معادن الأمفيبول ومعادن البيروكسين. ويجب ألا يغيب عن الذهن أن الانفصام في معادن الأمفيول أوضح بكثير عنه في معادن البيروكسين.

وتتصل السلاسل المزدوجة – كما في حالة البيروكسين – ببعضها البعض عن طريق الكاتيونات الممثلة بالرمزين X ، Y (رابطة أيونية) وتشغل أيونات الهيدروكسيد (OH) الفراغات الخالية الناتجة من اتصال سلستين مفردتين جنبا إلى جنب مع بعضهما البعض. ويكتب القانون العام لمعادن الأمفيبول هكذا X0– 7H7–14Z16O14(OH)4 ، حيث X تمثل أيونات الصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم (بكميات قليلة). أما Y فتضم المغنسيوم والحديدوز والحديديك والألومنيوم والمنجنيز ثنائي التكافؤ . والتيتانيوم – كما هو الحال في معادن البيروكسين ، ولكن لا يوجد الليثيوم في تركيب معادن الأمفيبول. وبعض معادن الأمفيبول ثنائية التشكل كما هو الحال في معادن البيروكسين ، أي تتبلور في كل من فصيلتي المعيني القائم والميل الواحد.

تتبلور معادن البيروكسين في درجات حرارة أعلى من تلك التي تتبلور عندها معادن الامفيبول. وعلى ذلك فإنها السابقة في التبلور من المجما. وغالبا تتغير معادن البيروكسين التي تبلورت مبكرا إلى معادن الأمفيبول في مراحل لاحقة من تاريخ الصخر الناري . ويساعد على هذا التغير وجود الماء في السائل المتبقي من المجما عند درجات الحرارة المنخفضة.

Y X بيروكسين أمفيبول Mg Mg إنستاتيت أنثوفيلليت كلينوإنستاتيت كوبفيريت Mg,Fe Mg, Fe برونزيت ، هيبرثين أنثوفيلليت كلينوهيبرثين كمينجتونيت Mg Ca دوبسيد تريموليت Fe Ca هيديتبرجيت أكتينوليت Al Na جيديت جلوكونين Fe Na' إيجيرين ربيكيت Al Li سبوديومين Mg,Fe Ca,Na أوجيت هورنبلند Ti،Fe Mn,Al .

مجموعة معادن البيروكسين :

تضم هذه المجموعة عديدا من الأنواع المعدنية التي تتبلور في فصيلتي المعيني القائم والميل الواحد ، ومع ذلك فهي متقاربة في بنائها الذري . ويوجد في جميع الأنواع انفصام منشورية ضعيف يتقاطع في زوايا تقرب من القائمة (حوالي ٨٧ درجة ، ٩٣ درجة) [قارن بين هذا الانفصام والانفصام في معادن الامفيبول]. وتكون معادن البيروكسين متسلسلة متشابهة في تركيبها الكيميائي لمعادن الأمفيبول. وفيما يلي بيان بالأنواع الشائعة من معادن مجموعة البيروكسين.

متسلسلة النستاتيت :
انستاتيت Enstatite $Mg_2(Si_2O_6)$ المعيني القائم
هيبرثين Hypersthene $(fe,Mg)_2(Si_2O_6)$ المعيني القائم
متسلسلة الديوبسيد :
ديوبسيد Diopside $CaMg(SiO_6)$ الميل الواحد
هيدلينبرجيت Hedenbergite $café(Si_2O_6)$ الميل الواحد
متسلسلة سبوديومين:
سبوديومين Spodumene $LiNa(Si_2O_6)$ الميل الواحد
جيديت Jedeite $NaAl(Si_2O_6)$ الميل الواحد
إيجيريت Aegirite $NaFe(Si_2O_5)$ الميل الواحد
متسلسلة أوجيت:
أوجيت Augite $XY(Si_2O_5)$ الميل الواحد

إنستاتيت $Mg_2(Si_2O_6)$ - هيبرثين $(Mg,Fe)_2(Si_2O_6)$:

قلما يوجد معدن إنستاتيت نقيا في الطبيعة ولكنه يحتوي على الحديد. ويحل الحديد محل المغنسيوم بنسب تصل إلى ١:١ ، وتتكون متسلسلة معادن متشابهة الأشكالة بين الطرفين ، فإذا كانت كمية FeO تتراوح بين ٥ – ١٣% سمي المعدن باسم برونزيت أما إذا زادت نسبة FeO عن ١٣% سمي المعدن باسم هيبرثين. وقد تحتوي هذه المعادن على نسبة بسيطة من الألومنيوم تصل إلى ١٠% . أما اسم فيروسيليت فإنه يطلق على المركب النقي($Fe_2Si_2O_6$).

يتبلور معدنا انستاتيت وهيبرثين في فصيلة المعيني القائم ، نظام الهرم المنعكس ، البلورات منشورية ولكنها نادرة ، يوجد المعدنان عادة في هيئة كتلية أو إبرية أو لوحية. الصلادة = ٥,٥. الوزن النوعي = ٣,٢ – ٣,٥. الانفصام منشورية كامل {٠١١}. زوايا الانفصام ٨٧ درجة ، ٩٣ درجة. البريق زجاجي أو لؤلؤي على أسطح الانفصام ، أما معدن برونزيت فله بريق شبه فلزي مثل البرونز. اللون رمادي أو أصفر أو أبيض مائل للاخضرار أو أخضر زيتوني أو بني. نصف شفاف. لا ينصهر الانستاتيت ولكن تستدير الحواف الدقيقة فقط في لهب البوري وتزداد قابلية المعدن للانصهار بازدياد نسبة الحديد.





صورة ميكروسكوبية توضح بلورة منشورية لمعدن إنستاتيت.

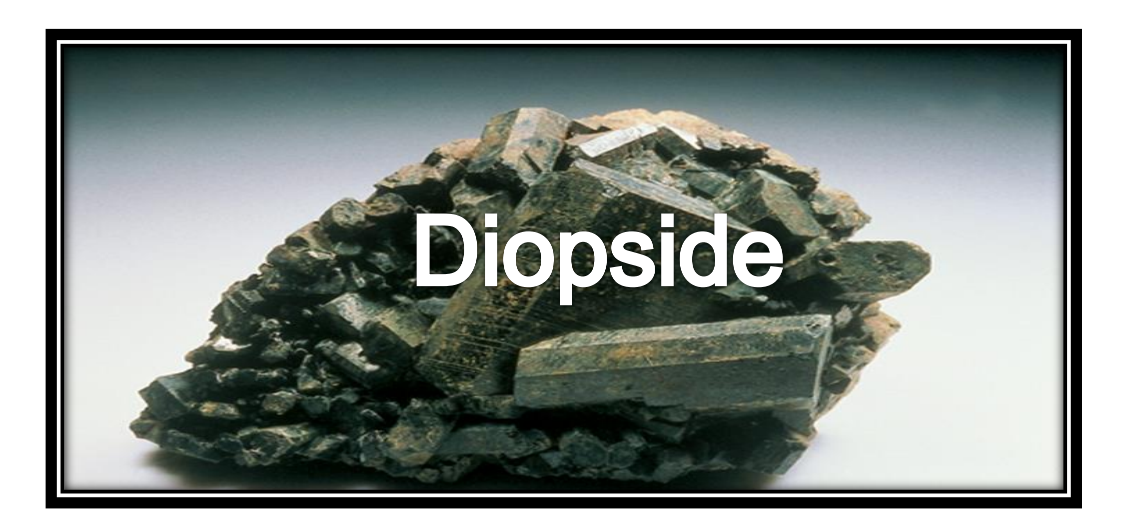
يصعب تمييز الأنواع السوداء من هذه المعادن عن معدن الأوجيت في العينات ونلجأ إلى الخواص البصرية للتفرقة بينهما. توجد هذه المعادن في صخور البيروكسينيت والبيريدوتيت والجابرو والتوريت والبازلت وكذلك في بعض أنواع النيازك. تضم الأنواع المشابهة معادن كلينو إنستاتيت (ميل واحد) ثنائي الشكل للمركب (Mg2si2O6) ، وكلينوهيبرثين (ميل واحد) ثنائي الشكل للمركب (Mg,Fe2Si2O6).

ديوبسيد (CaMg(Si2O6 :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات منشورية ذات ثمانية جوانب في المقطع المستعرض . كذلك يوجد المعدن في هيئة كتل حبيبية أو عمدانية أو صفائحية. يكثر وجود البلورات التوأمية المركبة حيث يكون المستوى التوأمي هو المسطوح القاعدي {١٠٠}.

الصلادة = ٥ – ٦. الوزن النوعي = ٣,٢ – ٣,٣. الانفصام منشوري غير كامل. يكثر وجود الانفصال الموازي للمسطوح القاعدي {١٠٠} ، وفي بعض الأجيان يوجد انفصال موازي للمسطوح الامامي {٠٠١}. ويتميز نوع المعدن المعروف باسم دياليج Diallage بوجود الانفصال الأخير {٠٠١}. لون المعدن أبيض أو أخضر فاتح ويقتم بازدياد نسبة الحديد. البريق زجاجي. شفاف أو نصف شفاف. درجة انصهار المعدن ٤ .

التركيب الكيمائي: سليكات الكالسيوم والمغنسيوم ، قد يحل الحديد محل المغنسيوم بكل النسب ، وتوجد متسلسلة كاملة من التشابه الشكلي بين الديوبسيد ومعدن هيدينبرجنيت(Hedenbergite Si2O6). يتميز المعدن بشكله البلوري ولونه الفاتح وانفصامه المنشوري غير الكامل حيث تتقاطع مستويات الانفصام في زوايا مقدراها ٨٧ درجة ، ٩٣ درجة. معدن الديوبسيد من المعادن المتحولة التي توجد بصفة مميزة في الاحجار الجيرية المتبلورة حيث يصاحب المعدن معادن تريموليت وسكابوليت وجارنت وسفين وفيزوفيانيت.





سبوديومين (LiAl(Si2O6 :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. نظام المنشور. البلورات منشورية ، مبططة وموازية للوجه {٠٠١} ، الاوجه كثيرة التخطيط . البلورات كبيرة الحجم ذات أوجه خشنة. الصلادة = ٦,٥ – ٧. الوزن النوعي = ٣,١٤ – ٣,٢٠. الانفصام منشوري {٠١١} في زوايا مقدارها ٨٧ درجة ، ٩٣ درجة. يوجد أيضا بالمعدن مستويات انفصال موازية للمسطوح الأمامي {٠٠١}. البريق زجاجي. اللون أبيض أو رمادي أو أحمر وردي أو أصفر. شفاف أو نصف شفاف. درجة الانصهار = ٣,٥. يتميز المعدن بانفصامه المنشورية ومستويات انفصاله المسطوحية. مسطوح البلورات خشنة (مثل ألياف الخشب) ومميزة عند لمس المعدن. معدن سبوديومين من المعادن النادرة نسبيا. ولكنه يوجد في هيئة بلورات كبيرة جدا في بعض أنواع البجماتيت. يستعمل المعدن كمصدر لعنصر الليثيوم. وتستعمل بعض أنواعه الشفافة الخضراء ، هيدينيت (HIddenite) أو الحمراء (kunzite) في صناعة الأحجار الكريمة.

جيديت NaAl(Si2O6) :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. يندر وجود البلورات المنفردة ، ويغلب وجود المعدن في هيئة كل إبرية متماسكة. الصلادة = ٦,٥ – ٧. الوزن النوعي = ٣,٣ – ٣,٥. الانفصام منشوري {٠٠١} يتقاطع في زوايا مقدارها ٨٧ درجة ، ٩٣ درجة. المعدن شديد الصلادة وصعب الكسر. اللون أخضر تفاحي أو أخضر زمردي أو أبيض ذو بقع خضراء. البريق زجاجي أو لؤلؤي على أسطح الانفصام. درجة الانصهار = ٢,٥. يتميز المعدن بلونه الأخضر ومجموعاته الابرية الشديدة التماسك. يوجد معدن الجيديت بكميات كبيرة في صخر السربنتين حيث يبدو أن المعدن قد تكون نتيجة لتحول صخر غني بالألبيت والنيفيلين. يستعمل المعدن في عمل الادوات المختلفة والتماثيل والتحف ذات الروعة والجمال. وقد استعمله الانسان القديم في صنع أسلحته المختلفة وأدوات معيشته.

إيجيريت NaFe'(Si2O6) :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. نظام المنشور. البلورات إبرية إما عمودية أو في هيئة مجموعات. الصلادة = ٦ – ٦,٥. الوزن النوعي = ٣,٤٠ – ٣,٥٥. الانفصام منشوري غير كامل {٠١١} يتقاطع في زوايا مقدارها ٨٧ درجة ، ٩٣ درجة. البريق زجاجي. اللون بني أو أخضر. نصف شفاف. درجة الانصهار = ٣. يتميز المعدن ببلوراته الابرية ولونه الأخضر أو البني وتواجده مع معادن معينة. ولو أن التحقيق الدقيق للمعدن يحتاج إلى الفحص الميكروسكوبي. يعتبر معدن الإيجيريت من المعادن النادرة نسبيا المكونة للصخور النارية الفقيرة في السليكا والغنية بالصودا مثل السيانيت النيفيليني والونوليت. يصاحب المعدن الأرثوكليز ومعادن الفلسباثويد والاوجيت والأمفيبول الغنية بالصودا.

أوجيت : $(Ca,Na)\ (Mg,\ Fe^{++},\ Fe^{+++},Al)\ (Si,Al)_2O_6$.

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. نظام المنشور. البلورات ذات هيئة منشورية قصيرة لوحية . تتقاطع المنشورات في زوايا مقدارها ٨٧ درجة ، ٩٣ درجة. يوجد المعدن كذلك في هيئة كتل صفائحية أو حبيبية خشنة أو دقيقة. الصلادة = ٥ – ٦. الوزن النوعي = ٣,٢ – ٣,٤. الانفصام منشوري جيد {٠١١}. يوجد عادة انفصال قاعدي في البلورات. البريق زجاجي. اللون أخضر قاتم أو أسود. المعدن نصف شفاف.

التركيب الكيميائي: سليكات الكالسيوم والألومنيوم والحديد والمغنسيوم. يمكن اعتبار الأوجيت كمعدن متوسط بين الديوبسيد والهيدينبرجيت وقد حل فيه عنصر الألومنيوم محل جزء من السليكون والمغنسيوم. درجة الانصهار = ٤ – ٤,٥. يتميز المعدن بشكله البلوري ومقطعه المستعرض ذي الأربعة أو الثمانية جوانب. ويفرق المعدن عن الديوبسيد بلونه الأقتم ، وعن الهورنبلند بزوايا مستويات انفصامه (٨٧ درجة ، ٩٣ درجة). الأوجيت معدن متوسط بين معدن ديوبسيد ($Ca\ Mg\ Si_2O_6$) ومعدن هيدينبرجيت ($Ca\ Fe^{++}\ Si_2O_6$) ويمكن اعتباره مزيجاً من أربعة معادن من مجموعة معادن البيركسين هي معدن ديوبسيد ($Ca\ Mg\ Si_2O_6$) ، ومعدن إنستاتيت $Mg_2(Si_2O_6)$ ، ومعدن فيروسيالايت $Fe^{++}Si_2O_6$ ومعدن هيدينبرجيت.



يعتبر الاوجيت أكثر المعادن البيروكسينية انتشارا ، ومن المعادن الهامة المكونة للصخور ، ويغلب وجود المعدن في الصخور النارية القاتمة اللون خصوصا الأنواع التي تكونت من مجما غنية بالحديد والكالسيوم والمغنسيوم ، مثل صخور البازلت والجابرو والبيريودتيت وفي بعض أنواع السيانيت والنيس.

معادن أخرى لها بناء السلسلة المفردة :

ردودنيت Mn(SiO8) :

يتبلور المعدن في فصيلة الميول الثلاثة ،نظام المسطوح. البلورات لوحية موازية للمسطوح القاعدي {١٠٠}. يوجد المعدن عادة في هيئة كتلية متماسكة أو منفصمة. الصلادة = ٥,٥ – ٦. الوزن النوعي = ٣,٤ – ٣,٧. الانفصام منشوري {١١٠} ، {١١٠/} ويتقاطعان في زوايا ٨٨ درجة ، ٩٢ درجة تقريبا. البريق زجاجي. اللون أحمر وردي أو بني. وقد يكون المعدن مغطى بطبقة سوداء من أكسيد المنجنيز. شفاف أو نصف شفاف. درجة الانصهار = ٣ ، ويعطي كتلة زجاجية سوداء .

يتميز المعدن بلونه الأحمر الوردي وانفصامه المنشوري. يفرق عن معدن رودوكروزيت بصلادته الأعلى وعدم ذوبانه في الأحماض . معدن رودونيت معدن قليل الانتشار نسبيا. تستعمل بعض عينات الرودونيت المصقولة في صناعة أحجار الزينة.

ولاستونيت Ca(SiO8) :

يتبلور المعدن في فصيلة الميول الثلاثة ، نظام المسطوح. البلورات لوحية. يوجد عادة في هيئة كتلية مشققة أو أليافية أو متماسكة. الصلادة = ٥ – ٥,٥. الوزن النوعي = ٢٠٨ – ٢,٩. الانفصام كامل وموازي لكل من المسطوح القاعدي {١٠٠} والمسطوح الأمامي {٠٠١}. البريق زجاجي أو لؤلؤي على أسطح الانفصام. وقد يكون البريق حريريا إذا كان المعدن في هيئة ألياف. اللون أبيض أو رمادي. نصف شفاف. ينصهر المعدن عند درجة ٤ إلى كرة صغيرة زجاجية بيضاء. يوجد معدن ولاستونيت في الصخور الجيرية المتبلورة المتحولة بالحرارة ، حيث يصاحب العدن معادن الكالسيت وديوبسيد وجارنت وتريموليت والفلسبارات الجيرية وفيزوفيانيت وإبيدوت.

بكتوليت CS2NaH(SiO8)3 :

يتبلور المعدن في فصيلة الميول الثلاثة . نظام المسطوح. يوجد عادة في هيئة مجموعات لبلورات إبرية قد تكون شعاعية الترتيب. أو قد يوجد في كتل متماسكة. الصلادة = ٥. الوزن النوعي = ٢,٧ – ٢,٨. البريق زجاجي أو حريري. عديم اللون أو أبيض رمادي. الانفصام كامل وموازي للمسطوحين القاعدي {١٠٠} والامامي {٠٠١}. درجة الانصهار = ٢,٥ – ٣. ويعطي مادة زجاجية. معدن بكتوليت معدن ثانوي النشأة ، يتكون في ظروف مشابهة لوجود معادن الزيوليت. يوجد مبطنا للفجوات في صخور البازلت.

مجموعة معادن الأمفيبول :

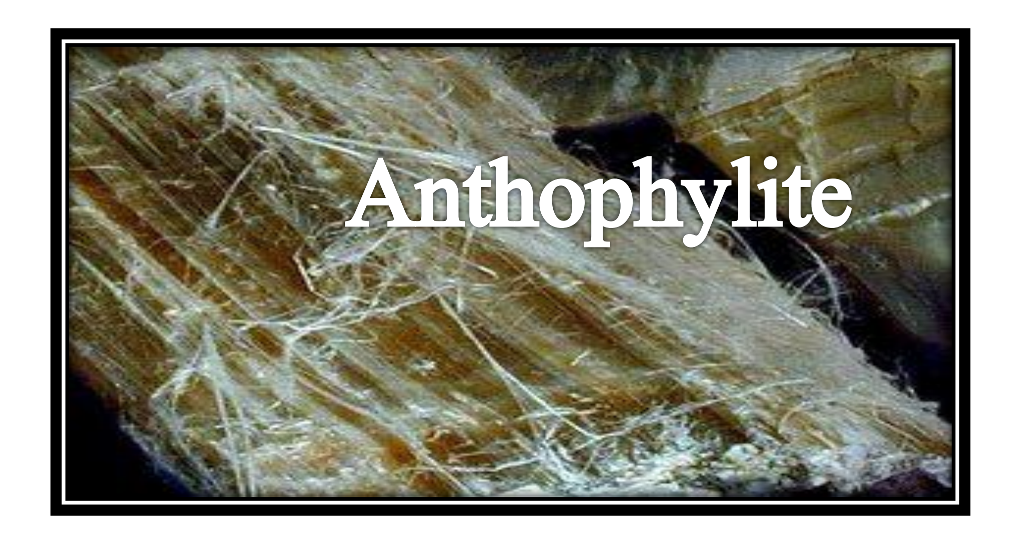
تضم هذه المجموعة عديدا من المعادن الشائعة التي تتبلور في فصيلتي المعيني القائم والميل الواحد ، بينما تتبلور الأنواع النادرة في فصيلة الميول الثلاثة ، ولكن بنياتها جميعا متشابهة. وتكون هذه المعادن مجموعة مشابهة في تركيبها الكيميائي بمعادن البيروكسين ، ولكن معادن الأمفيبول تحتوي على أيون الهيدروكسيد (OH) . وتشبه معادن الأمفيبول معادن البيروكسين إلى حد كبير ، إلا أنهما يختلفان في زاوية الانفصام.

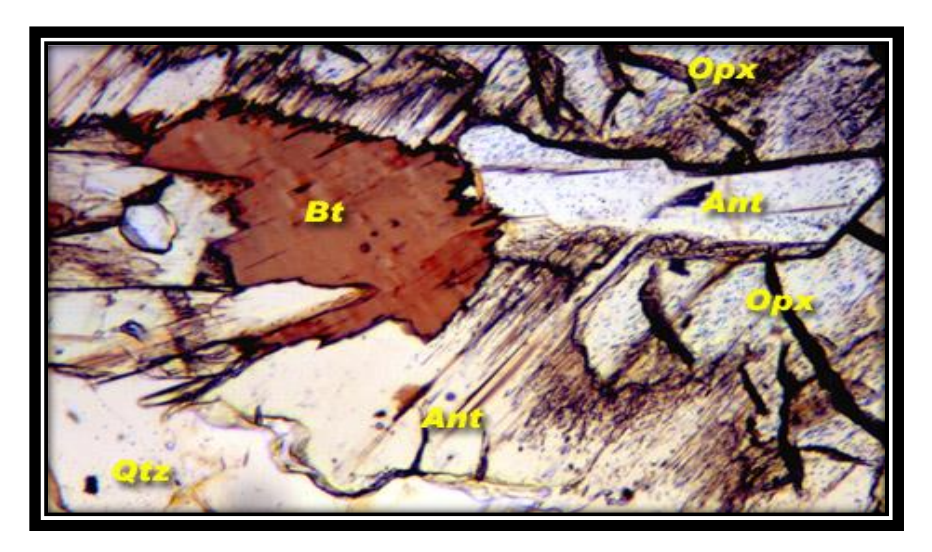
ففي معادن الأمفيبول تساوي زاويتا الانفسام المنشورية ٥٦ درجة ، ١٢٤ درجة تقريبا ، بينما تساوي هاتين الزاويتن في معادن البيروكسين ٨٧ درجة ، ٩٣ درجة تقريبا. وفيما يلي بيان بالأنواع الشائعة من معادن مجموعة الأمفيبول:

أنثوفيلليت Anthophylite Mg,Fe)7(Si5O22)(OH)2)
متسلسلة التريموليت :
تريموليت Tremolite Ca2Mg8(Si8O22)(OH)2
أكتينوليت Actinolite Ca2(Mg,Fe)5(Si8O22)(OH)2
متسلسة الريبيكيت :
ريبيكيت Riebechite Na2Fe*8Fe*2Si8O22)(OH)2
أرفيدسونيت Arfvedsonite Na8Mg4Al(Si8O22)(OH)2
جلوكوفين Glaucophane Na2Mg8Al2(Si8O22)(OH)2
متسلسلة الهورنبلند :
هورنبلند Hornblende X2-8Y5-7Z8O22(OH)2
أنثوفيلليت (Mg,Fe)7Si8O22(OH)

أنثوفيلليت Anthophylite (Mg,Fe)7(Si5O22)(OH)2 :

يتبلور المعدن في فصيلة المعيني القائم. (يقابل المعدن معدني إنستاتيت وهيبرثين في مجموعة البيروكسين). يندر وجود المعدن في هيئة بلورات ، ولكن يوجد عادة في هيئة إبرية أو منشورية. الصلادة = ٥,٥ – ٦. الوزن النوعي = ٢,٨٥ – ٣,٢. الانفصام منشوري كامل {٠١١} ، اللون رمادي أو أخضر أو بني. البريق زجاجي. نصف شفاف. لا يسهل تمييز المعدن عن معادن الأمفيبول الأخرى إلا بواسطة استعمال الميكروسكوب وتعيين الخواص البصرية. معدن أنثوفيلليت من المعادن النادرة نسبيا ، ويوجد المعدن في صخور الشست المتبلورة حيث يظن أن المعدن قد نشأة عن تحول معدن الأوليفين.





تريموليت $Ca_2Mg_5(Si_8O_{22})(OH)_2$:

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. البلورات ذات هيئة منشورية. يوجد المعدن عادة في مجموعات ذات بلورات عمدانية شعاعية ، وفي بعض الأحيان تكون البلورات أليافية. الصلادة = ٥ – ٦. الوزن النوعي = ٣,٠ – ٣,٣. الانفصام منشورية كامل {٠١١} بزوايا قدرها ٥٦ درجة ، ١٢٤ درجة. البريق حريري على الأسطح المنشورية. يختلف اللون بين الأبيض والأخضر الفاتح (نوع الأكتينوليت Actinolite). يقتم اللون كلما زادت نسبة الحديد في المعدن. شفاف أو نصف شفاف.

التركيب الكيميائي: سليكات الكالسيوم والمغنسويم الإيدروكسيدية. قد يحل الحديد محل المغنسيوم ، فإذا زادت نسبته عن ٢% فإن المعدن يتحول إلى أكتينوليت (يكون التريموليت والأكتينوليت معا متسلسلة أشكال متشابهة محدودة) ، درجة الانصهار ٣ – ٤. يتميز المعدن ببلوراته المنشورية الرفيعة وانفصامه المنشورية الجيد ، ويختلف عن الهورنبلند بلونه الفاتح. يوجد معدن تريموليت عادة في الصخور الجيرية الدولوميتية المتبلورة غير النقية ، حيث نشأ المعدن نتيجة لإهادة تبلور الصخر بواسطة التحول. كذلك يوجد المعدن في

الشست الطلقي. أما معدن أكتينوليت فإنه يوجد في صخور الشست الخضراء حيث نشأ المعدن نتيجة لتحول معادن البيروكسين في الصخور النارية الأصلية.



هورنبلند :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. البلورات منشورية ، كذلك يوجد المعدن في هيئة عمدانية أو أليافية ، دقيقة أو خشنة الحبيبات. الصلادة = ٥ – ٦. الوزن النوعي = ٣,٢. الانفصام منشوري كامل {٠١١} والزوايا مقدراها ٥٦ درجة ، ١٢٤ درجة. البريق زجاجي ، أما الانواع الأليافية فبريقها حريري. اللون أخضر متدرجة إلى الأسود. نصف شفاف.

التركيب الكيميائي: سليكات معقدة للكالسيوم والمغنسيوم والحديد والألومونيوم مع شق الهيدروكسي. والسبب في تعقيد قانون المعدن الكيميائي هو التشابه الشكلي والإحلال بين الأيونات المتشابهة. واختلاف نسبة NaCa، Si:AL,Fe ،*Mg:Al,Fe*. ويمكن كتابة القانون العام للهورنبلند كما يلي:

Ti (Al,Si)8O22(O,Oh)2 *'Al,Fe)4(*Ca2Na(Mg,Fe)

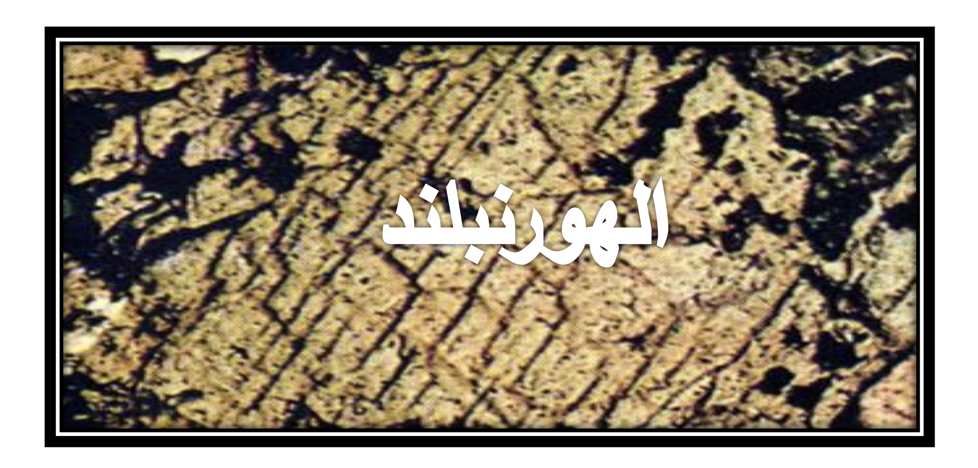
ويختلف الهورنبلند عن التريموليت في احتواء الأول على الألومونيوم. درجة الانصهار = ٤. ويعطي ماء في الأنبوبة المقفولة. كما يتميز المعدن عن باقي معادن الأمفيبول بلونه الداكن.

معدن هورنبلند من المعادن الهامة الشائعة المكونة للصخور ، حيث يوجد المعدن في كلا من الصخور النارية والمتحولة ، ولو أنه يكثر في الصخور المتحولة. وينتج المعدن من تحلل البيروكسينات في عمليات التبلور الأخيرة للمجما ، أو أثناء تحول الصخور النارية. ويتكون صخر الأمفيبوليت Amphibolite من معدن الهورنبلند بصفة رئيسية.





صورة ميكروسكوبية توضح بلورة منشورية لمعدن الهورنبلند . المستقطبان متعامدان.



صورة ميكروسكوبية توضح نظام التشقق بزاوية ١٢٤° .

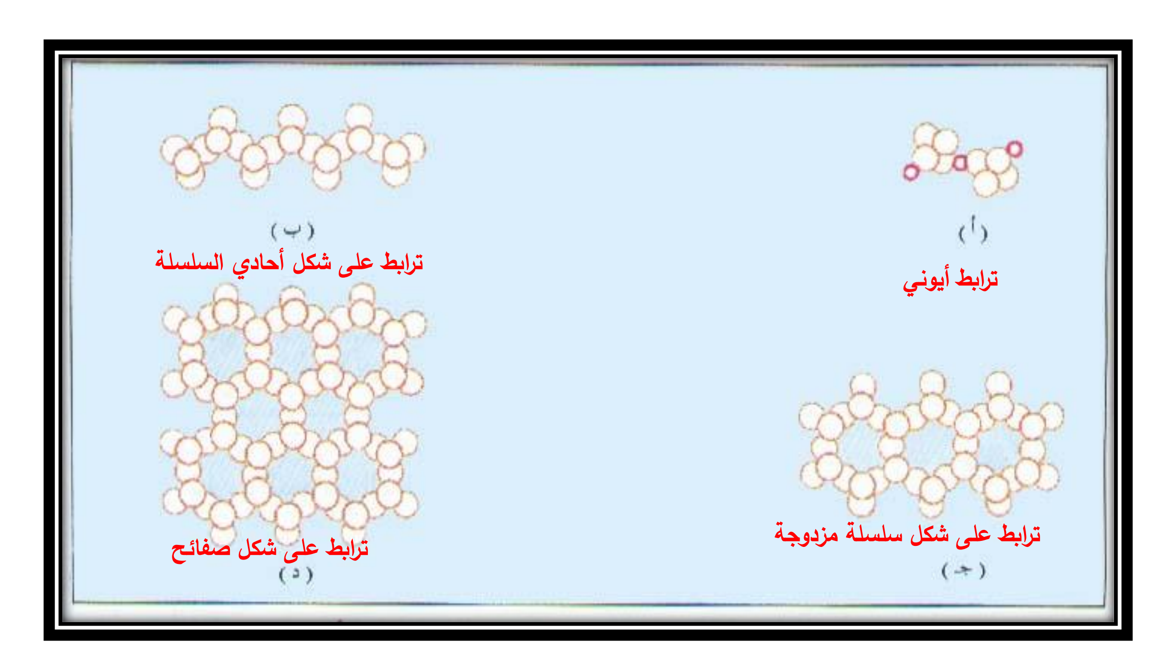
المعادن الفيللوسليكاتية (الصفائحية):

يدل اسم هذه المجموعة الهامة ، المشتق من الكلمة اليونانية **phyllon** وتعني ورقة ، على أن المعادن التابعة لها ذات هيئة صفائحية (أو صفحية) ، ويوجد بها انفصام واحد واضح. وصلادة هذه المعادن منخفضة بصفة عامة ، وكذلك وزنها النوعي منخفض. أما عن صفائح الانفصام فهي قابلة للانثناء أو مرنة. وترجع هذه الخواص المميزة إلى تكون البناء الذري من صفائح السليكون والأكسجين بصفة اساسية. ونجد في هذا البناء الصفائحي ، أن ثلاثة ذرات أكسجين من الأربعة الموجودة عند أركان رباعي الأوجه **SiO4** أصبحت مشتركة بين رباعيات الأوجه ، ويؤدي هذا إلى أن نسبة **Si:O** كنسبة ٢:٥.

وتحتوي جميع المعادن الفيللوسليكاتية على أيون الهيدروكسيد (OH) ، وتعزى الخواص المختلفة إلى حد كبير – لهذه المعادن إلى الوضع الذي يشغله هذا الأيون في البناء الذري بالنسبة لبقية الأيونات الموجودة في التركيب الكيميائي للمعدن.

ويرجع اهتمامنا بالمعادن الفيللوسليكاتية إلى أنها نواتج لتجوية الصخور ، وبالتالي تكون الجزء الأكبر من التربة. ويتوقف غذاء النبات من التربة ، وإختزانها الماء في التربة من وقت الرطوبة إلى وقت الجفاف ، وسماح التربة للغازات والكائنات الحية بالمرور فيها ، على الخواص المختلفة للسليكات الصفائحية.

ومن الناحية الجيولوجية نجد أن للفيللوسليكات أهمية كبرى . فمعادن الميكا تعتبر من أهم مكونات صخور الشست ، كما أنها منتشرة في الصخور النارية. وتتكون معادن الميكا في درجات حرارة أقل من تلك التي تتكون عندها معادن الامفيبول أو البيروكسين ، وتتكون غالبا بإحلالها للمعادن السابقة كنتيجة للتغير المائي الحراري.



بعض من كيفيات ترابط مجسمات رباعي الأوجه المنتظم مع بعضها بعضاً لإنتاج المعادن السليكاتية

أ- ترابط أيوني: بهذه الكيفية ترتبط مجسمات رباعي الأوجه المنتظم والمكونة من SiO_4^{-4} السالبة الشحنة مع أيونات كالحديد أو المغنيسيوم (Mg^{2+}, Fe^{2+}) الموجبة الشحنة كما في الأوليفين.

ب-ترابط على شكل أحادي السلسلة: حيث تشترك مجسمات رباعي الأوجه المنتظم مع بعضها لإنتاج سلسلة من المجسمات كما هو الحال في البايروكسين.

ج-ترابط على شكل سلسلة مزدوجة: كما هو الحال في الأمفيبولات.

د- ترابط على شكل صفائح: كما هو الحال في المايكا .

ويمكن تصنيف المعادن الفيللوسليكاتية تصنيفا مبسطا كما يلي:

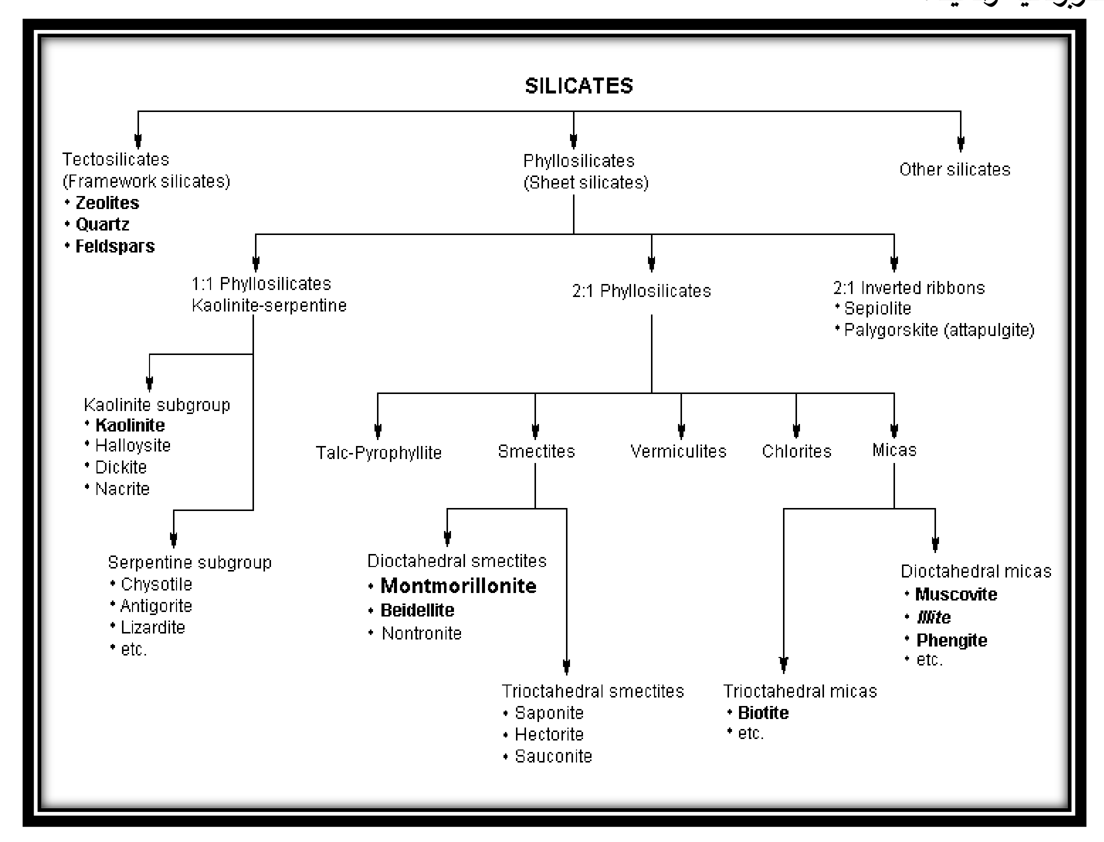
أبوفيلليت Apophyllite $KCa_4(Si_4O_{10})F.8H_2O$
معادن الصلصال (الطين) :
كاولينيت Kaolinite $AL_4(Si_4O_{10})(OH)_8$
مونتوريللونيت Montmorillonite Mg,Al,(OH)(H2O)Silicate
إلليت Illite K.Mg,Fe,Al.(OH)Silicate
معادن الميكا :
مسكوفيت Muscovite $KAl_2(AlSi_2O_{10})(OH)_2$
فلوجوبيت Phlogopite $LMg_8(AlSi_2)_{10})(OH)_2$
بيوتيت Biotite $K(Mg,Fe)_9(AlSi_8O_8)(OH)_2$
ليبيدوليت Lipidolite $L_2Li_8AL_8(AlSi_8O_{10})(OH.F)_4$
معادن الميكا القابلة للكسر (Britile mica)
مارجريت Margarite $CaAl_2(Al_2Si_2O_{10})(OH)_2$
أوتريلليت Ottrellite Fe,Al,Mn,(OH)Silicate
كلوريتويد Chloritoid $FeAL(ALSIO_8)(OH)_2$
معادن الكلوريت:
كلوريت Chlorite Mg,Fe، *Fe*، Al2(OH)Silicate
تلك Talc $Mg_5(Si_4O_{10})(OH)_2$ سربنتين Serpentine $Mg_6(Si_4O_{10})(OH)_2$
جارنيريت Garnierite $Ni,Mg)SiO_8.nH_2O)$
بيروفيلليت Pyrophyllite $Al_2(Si_4O_{10})(OH)_2$
سيبيوليت Sepiolite $Mg_4(Si_8O_{10})(OH)_2.6H_2O$
فرميكوليت Vermiculite (Mg,Fe,AL,(OH)(H2O)(Silicate

أبوفيلليت $[(KCa_4(Si_4)_{10})_2F_6H_2O]$:

يتبلور المعدن في فصيلة الرباعي ، نظام الهرم المنعكس الرباعي المزدوج. الصلادة = ٤,٥ – ٥. الوزن النوعي = ١,٣ – ٢,٤. الانفصام {١٠٠} كامل. البريق لؤلؤي على المسطوح القاعدي وزجاجي على الأوجه الأخرى. عادة عديم اللون أو أبيض أو رمادي. ولكن قد يكون اللون أخضرا باهت أو أصفرا أو ورديا. شفاف أو نصف شفاف. درجة الانصهار ٢ ، مع حدوث انتفاخ وتكوين مادة مينائية فقاعية بيضاء. يوجد أبوفيلليت كمعدن ثانوي النشأة مبطنا للفجوات في صخور البازلت وماشابهها ويصاحب معادن الزيوليت المختلفة والكالسيت والداتوليت والبكتوليت.

معادن الصلصال (الطين) Clay Minerals :

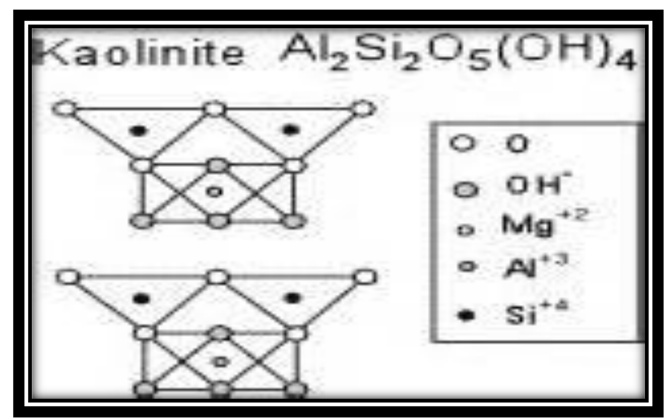
يطلق اسم الصلصال (الطين) على أحد أنواع الصخور الرسوبية الميكانيكية وكأي صخر. يتكون الصلصال من معادن مختلفة بنسب مختلفة كذلك يدل لفظ الصلصال على أن حجم الحبيبات التي يتكون منها صغير ، فهي تستعمل للاشارة إلى تلك المواد التي يقل قطر حبيباتها عن ١/٢٥٦ ملليمتر والتي تصبح سهلة التشكل Plastic إذا بللت بقدر يسير من الماء. وباستعمالنا للأشعة السينية في دراسة التركيب المعدني للصخور الطينية ، أمكن التعرف على مجموعة من المواد المتبلورة تكون هذه الصخور بصفة رئيسية ، وتعرف باسم "معادن الصلصال" ، وهذه المعادن عبارة عن سليكات مائية للألومنيوم بصفة أساسية . وفي بعض الأحيان يحل المغنسيوم أو الحديد محل جزء من الألومنيوم ، كما أن العناصر القلوية أو الأرضية القلوية قد تكون موجودة بصفة أساسية في التركيب الكيميائي لمعدن الصلصال. وقد يتكون الصلصال من معدن صلصال واحد ، ولكن عادة يوجد أكثر من معدن صلصال مختلطة مع غيرها من المعادن مثل الفلسبار والكوارتز والمعادن الكربوناتية والميكا.



كاولينيت $Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$:

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور ، يوجد في هيئة قشور رقيقة وصغيرة جدا معينية أو سداسية الشكل. يوجد عادة في هيئة كتل طينية الشكل إما أن تكون متماسكة أو هشة. الصلادة = ٢ – ٢,٥. الوزن النوعي = ٢,٦ – ٢,٦٣. الانفصام قاعدي كامل {١٠٠}. البريق أرضي معتم ، أما الصفائح المتبلورة فبريقها لؤلؤي اللون أبيض ولكنه يتلون كثيرا تبعا لنوع الشوائب الموجودة. لا ينصهر ولا يذوب.

يتميز المعدن بشكله البطئ ولكن يستحيل تفرقة المعدن عن المعادن الصلصالية الأخرى دون الاستعانة بالوسائل البصرية والأشعة السينية.







الكاولينيت أحد المعادن الواسعة الانتشار ، ويعتبر المعدن أهم مكونات الصلصال والكاولين. والمعدن دائما ثانوي النشأة حيث ينتج من تحلل السليكات الألومينية خصوصا الفلسبارات حيث يتواجد معها. كذلك يوجد في التربة **Soil** حيث يكون مختلطا بالكوارتز . يستعمل المعدن في صناعة الخزف والطوب والاسم مشتق من كلمة صينية **Kauling** ومعناها "التل العالي" وهو اسم تل بالصين حيث يوجد المعدن. أنواع مشابهة:ديكيت

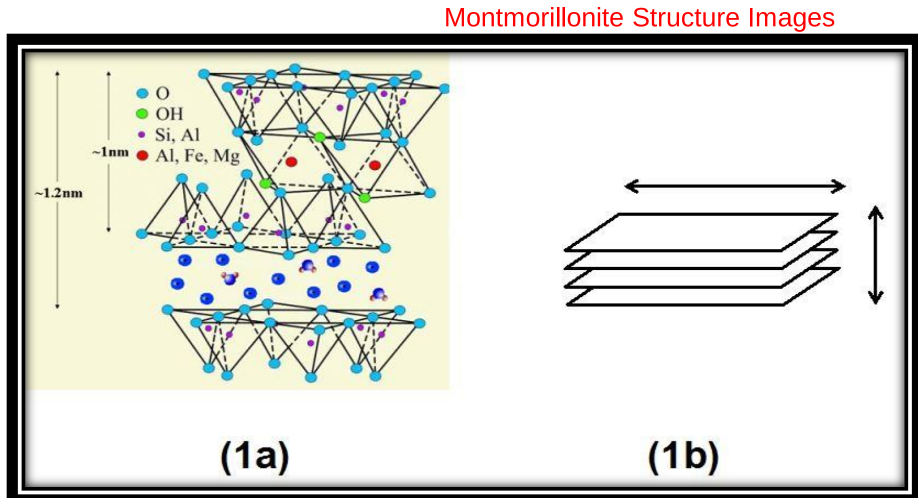
Dickite ، نكريت Nacrite ، وهما نوعان يشبهان كاولينيت بالنسبة للتركيب الكيميائي والبناء الذري ، ولكنهما أقل منه إنتشارا في تكوين الرواسب الطينية.

مجموعة منتموريللونيت :

تشمل هذه المجموعة عددا من معادن الصلصال التي تتميز بمقدرتها على امتصاص جزئيات الماء بين الصفائح في بنائها الذري ن وينتج عن ذلك تمدد ملحوظ في البناء ، تضم المجموعة المعادن التالي: مونتموريللونيت ، وبيديلليت وننترونيت وهيكتوريت وصابونيت.

يكون منتموريللونيت المعدن الرئيسي في تركيب صخر البنتونيت ، وهو عبارة عن رماد بركاني متحلل . وتتميز هذه الرواسب بخاصية امتصاصها الماء بدرجة غير عادية وتمدد حجمها إلى أضعاف أضعاف حجمها الأصلي ، وذلك عند وضعها في الماء.

Montmorillonite Structure Images

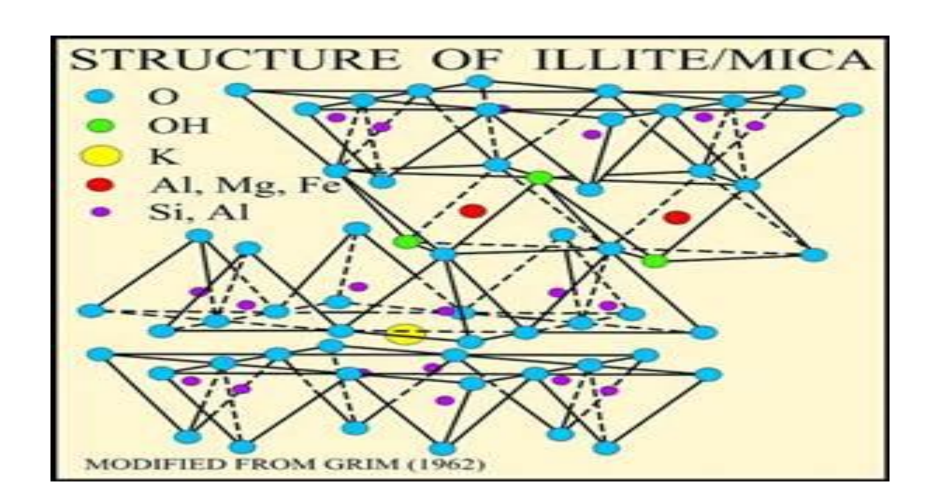


Montmorillonite



مجموعة إليت :

تضم هذه المجموعة عدة معادن صلصالية شبيهة بالميكا. ولكن معادن الإليت تختلف عن معادن الميكا في قلة إحلال الألومنيوم محل السليكون ، وإحتوائها على ماء أكثر ، وبوجود الكالسيوم والمغنسيوم حالين محل جزء من البوتاسيوم. يكون إليت المعدن الرئيسي في تركيب الصخور الطفلية **Sbales**.





معادن الميكا :

تضم مجموعة معادن الميكا التي تتركب كيميائية من سليكات الألومونيوم العقدة مع البوتاسيوم والهيدروكسيد وكذلك المغنسيوم والحديدوز. وفي بعض الأنواع يوجد الصوديوم والليثيوم والحديديك. وفي حالات قليلة يوجد المنجنيز والكروميوم والباريوم والفلورين والتيتانيوم بكميات ضئيلة.

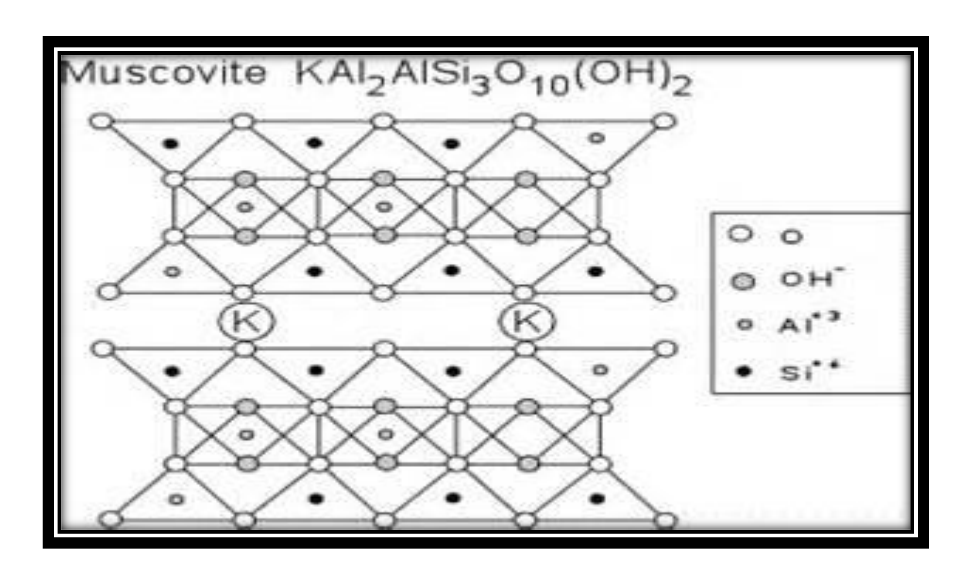
تتبلور معادن الميكا في فصيلة الميل الواحد ، ولو أن البلورات لا تبين مثل هذا التماثل البلوري ، وذلك نظرا إلى أن المحور يميل بزاوية تقترب من ٩٠° على المحور ج. البلورات عادة مسطحة ذات مسطوح قاعدي واضح ولها مظهر سداسي ذو زوايا مقدارها ٦٠° ، 120° تقريبا ، وعلى ذلك تظهر البلورات دائما إما في أشكال معينية قائمة أو سداسية التماثل (تماثل كاذب). وتتميز معادن الميكا جميعها بانفصال قاعدي كامل {١٠٠}. وتكون الميكات متسلسلة غير كاملة من الأشكال المتشابهة تتفاوت في مداها باختلاف الأطراف.

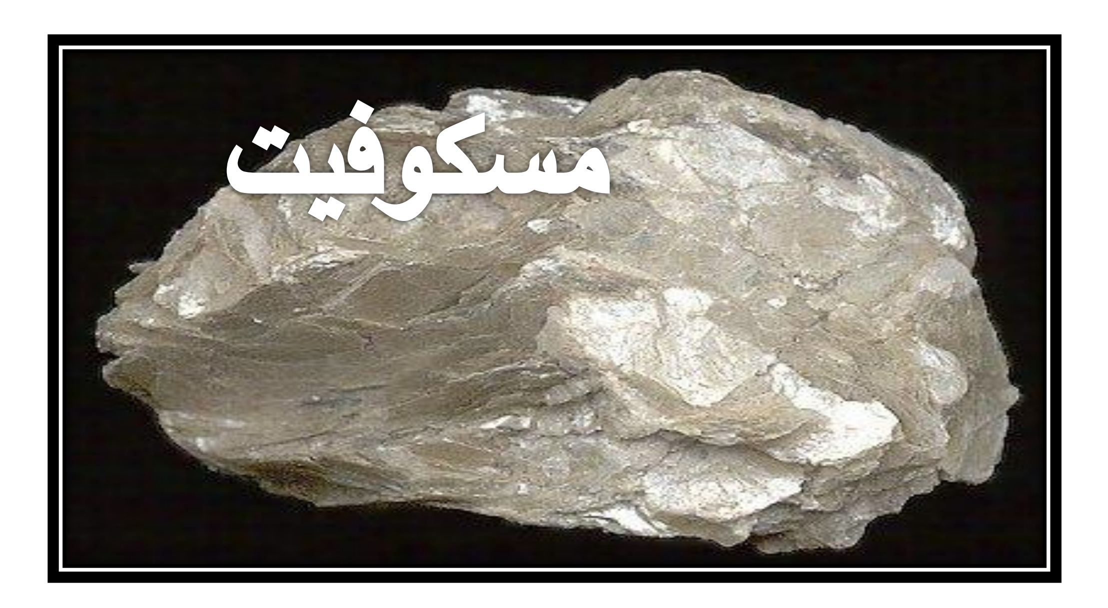
مسكوفيت KAL5(AlSi8O10)(OH)2 :

يعرف أيضا باسم الميكا البيضاء أو الميكا البوتاسية ، يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. الزاوية المحورية بين أ ، ج (زاوية بيتا) تساوي ٩٠ ° تقريبا. يوجد في هيئة صفائح كبيرة أو صغيرة أو في هيئة قشور قد تكون متجمعة في هيئة ريشية أو كروية.

يتميز المعدن بانفصامه القاعدي الكامل {١٠٠} الذي يؤدي إلى فصل المعدن إلى صفائح رقيقة مرنة. الصلادة = ٢ – ٢,٥. الوزن النوعي = ٢,٧٦ – ٣,١. البريق زجاجي أو حريري أو لؤلؤي. شفاف عديم

اللون في الصفائح الرقيقة. أما الصفائح السميكة فهي نصف شفافة وتبدو ذات ظلال باهتة من الألوان الصفراء أو الخضراء أو الحمراء. درجة انصهار المعدن = ٥.




مسكوفيت




Muscovite



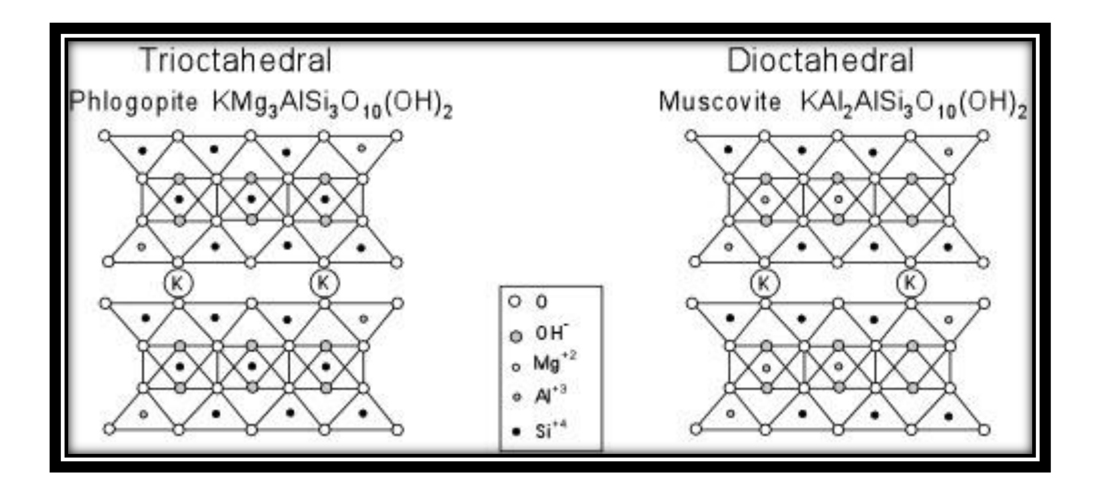
مسكوفيت معدن واسع الانتشار ضمن المعادن المكونة للصخور. يوجد بصفة مميزة في الصخور النارية الحامضية الجوفية مثل الجرانيت والسيانيت. كذلك يوجد في صخور البجماتيت وصخور الشيست والنيس المتحولة حيث يكون المعدن الأساسي في صخر الشست الميكائي. وقد يوجد المسكوفيت نتيجة لتحلل معادن مختلفة مثل التوباز والكيانيت وسبديومين وأنسلوسيت. وهناك نوع عبارة عن قشور رقيقة يوجد في هيئة مجموعات أليافية لها بريق حريري ، ويعرف هذا النوع باسم سيريسيت **Sericite** ، ويوجد في صخور الشست وكذلك نتيجة لتحلل المعادن على جانبي بعض العروق المائية الحارة الحاملة للخامات المعدنية.

يوجد المعدن في صخور البجماتيت الجرانيتية مصاحبا معادن الكوارتز والفلسبار والتورمالين والبيريل والجارنت والأباتيت والفلوريت. ويوجد المعدن عادة في هذه العروق في هيئة بلورات كبيرة تعرف باسم الكتب التي قد تبلغ في بعض الأماكن نحوا من بضع عشرات السنتيمرات في العرض.

يستخدم المعدن بصفة أساسية في صناعة المواد العازلة التي تدخل في صناعة الأجهزة الكهربائية. وتعتبر الهند من أهم الدول المصدرة للميكا. وهناك صناعات أخرى مختلفة يدخل فيها المسكوفيت.

فلوجوبيت KMg8(AlSI8O10)(OH)2:

يعرف أيضا باسم الميكا المغنيزية **Magnesia mica**. يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. يوجد في هيئة بلورات لوحية سداسية الشكل أو بلورات منشورية مدببة. البلورات غالبا كبيرة وخشنة وقد يوجد أيضا في هيئة كتل صفائحية.


Trioctahedral
Phlogopite KMg3AlSi3O10(OH)2
Dioctahedral
Muscovite KAl2AlSi3O10(OH)2
K
O
OH-
Mg+2
Al+3
Si+4


Phlogopite


Phlogopite



الانفصام قاعدي كامل {١٠٠}. الصفائح مرنة. الصلادة = ٢,٥ – ٣. الوزن النوعي = ٢,٨٦. البريق زجاجي أو لؤلؤي. اللون أصفر بني أو أخضر أو أبيض. غالبا ذو وميض نحاسي اللون على أسطح الانفصام. شفاف في الصفائح الرقيقة. درجة الانصهار = ٤,٥ – ٥. يتكون معدن فلوجوبيت في الصخور الجيرية المغنيزية نتيجة لتحولها بالحرارة ، وكذلك يتكون في صخور الدولوميت المغنيزية وصخور السربنتين. يندر وجود المعدن في الصخور النارية.

بيوتيت K(JMg,Fe)8(AlSi8O19)(OH)2 :

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. البلورات مسطحة أو منشورية قصيرة ذات مسطوح قاعدي واضح. البلورات نادرة ولكن يغلب وجود المعدن في هيئة كتلية صفحية غير منتظمة. كذلك يوجد المعدن في هيئة قشور منتشرة في الصخر أو متجمعة في هيئة مجموعات قشرية. الانفصام قاعدي كامل {١٠٠}. الصفائح مرنة. الصلادة = ٢,٥ – ٣. الوزن النوعي = ٢,٨ – ٣,٢. البريق لامع. اللون أخضر داكن أو أسود وقد يكون أصفرا باهتا في بعض الحالات النادرة. أما الصفائح الرقيقة فلونها مدخن وبذلك يسهل تفريقها عن المسكوفيت العديم اللون تقريبا . درجة الانصهار = ٥. التركيب الكيميائي: أساسيا سليكات البوتاسيوم والمغنسيوم والحديد والألومنيوم ، ويوجد بعض الفلورين عادة حالا محل الهيدروكسيد. كذلك قد يحتوي على بعض المنجنيز والتيتانيوم والصوديوم.



معدن البيوتيت من المعادن الشائعة الواسعة الانتشار كمكون للصخور. يوجد المعدن في الصخور النارية خصوصا الأنواع الغنية بالفلسبارات مثل الجرانيت والسيانيت ، وكذلك في الصخور الأخرى أكثر من تلك التي يوجد فيها المسكوفيت وفي بعض الأحيان يوجد البيوتيت في عروق البجماتيت في صفائح كبيرة وكذلك يوجد في بعض الطفوح البركانية والصخور البورفيرية ، وكذلك في صخور الشست والنيس حيث يصاحب المسكوفيت.

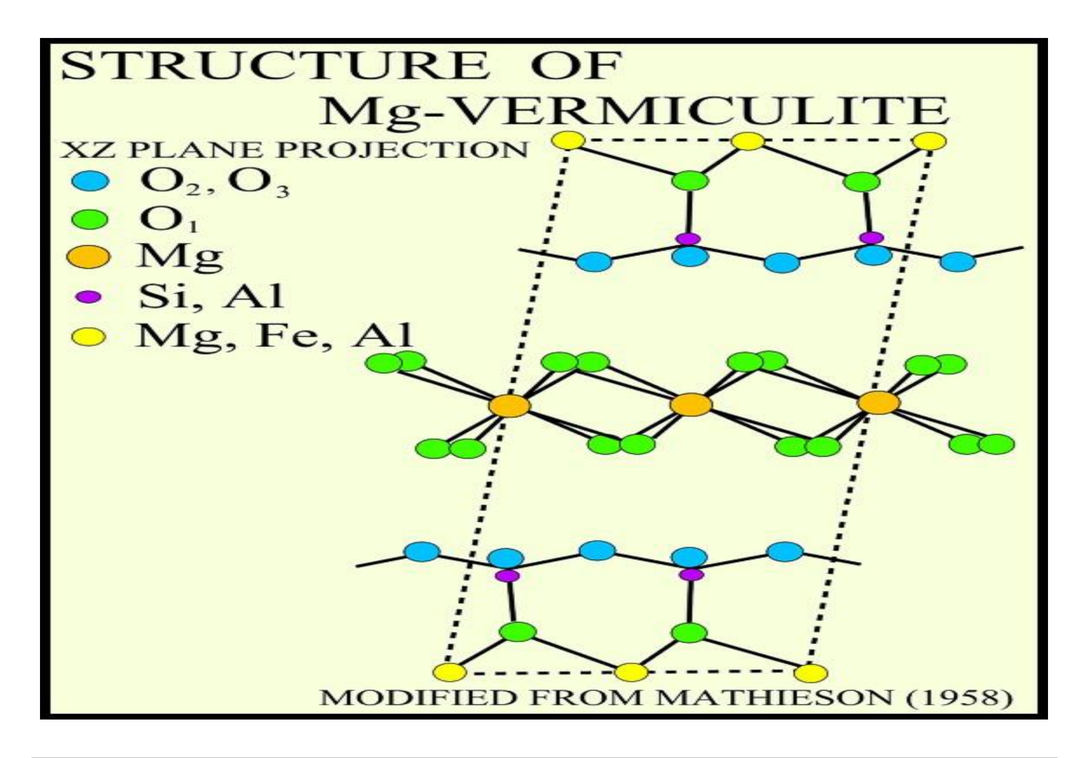


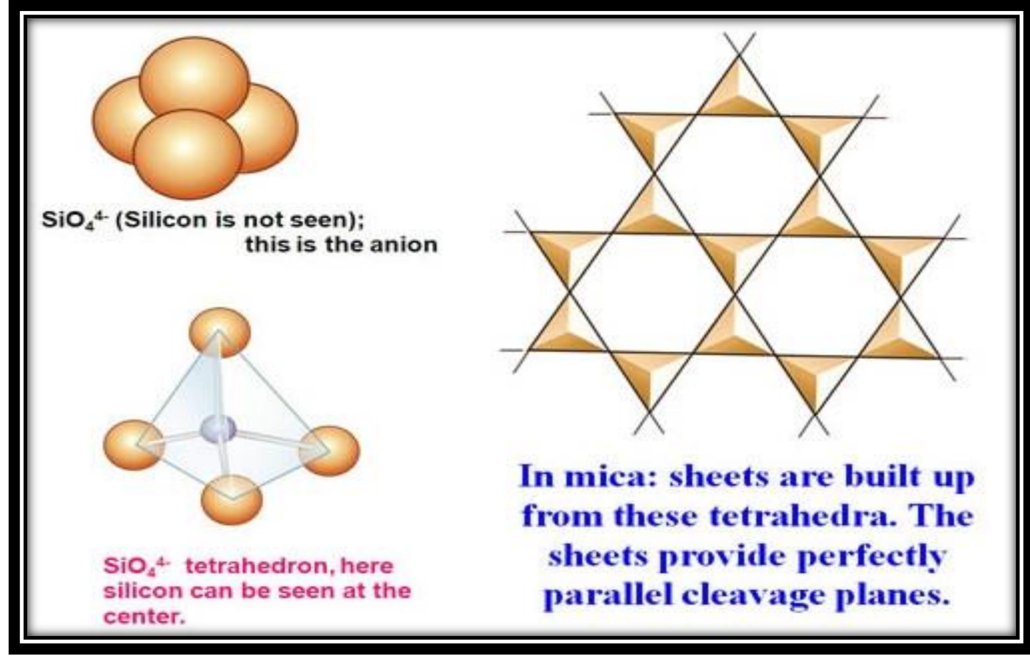


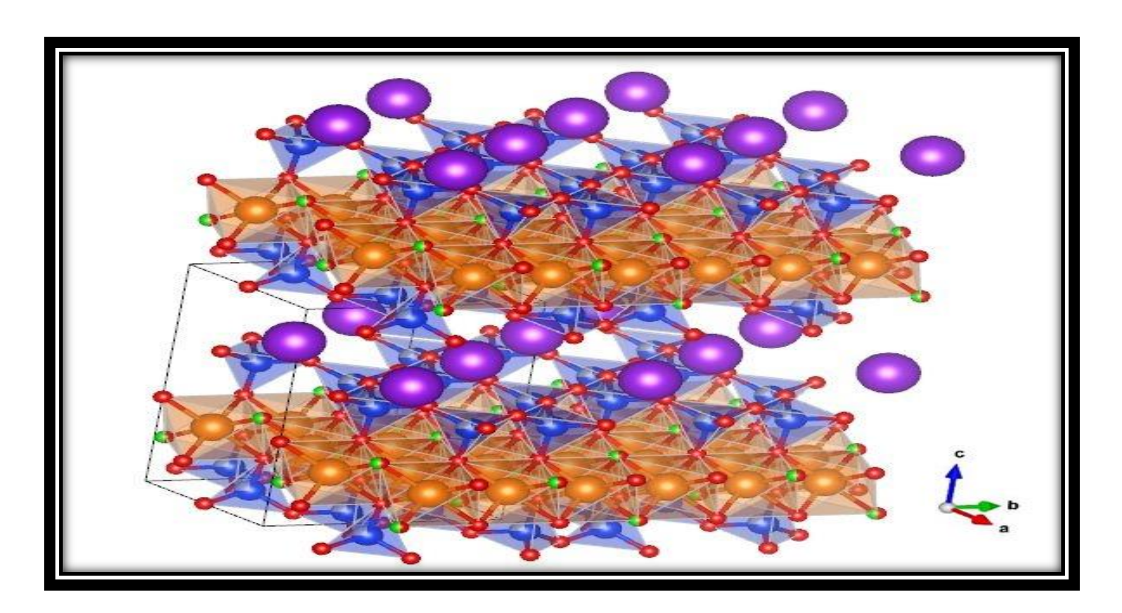
صورة ميكروسكوبية توضح بلورة لمعدن البيوتيت

أنواع متشابهة: جلوكونيت Glauconite (سليكات مائية للبوتاسيوم والحديد والمغنسيوم والألومونيوم) ، يشبه البيوتيت في تركيبه الكيميائي ، يوجد في هيئة حبيبات خضراء أو مائلة للاصفرار أو إلى السواد كمكون في الصحور الرملية الخضراء ، كما يوجد في بعض الصخور الطيينة والمارل وما شابهما.

فيرميكيوليت Vermiculite (مختلف في تركيبه الكيميائي – أساسيا سليكات مائية للمغنسيوم والحديد والألومونيوم) . يتمدد المعدن عند تسخينه ويأخذ أشكال الدود (الاسم Berm مشتق من هذه الخاصية). يستخرج المعدن من منطقة حفافيف بالصحراء الشرقية ، ويستخدم بكميات كبيرة في الصناعات العازلة للحرارة والصوت.



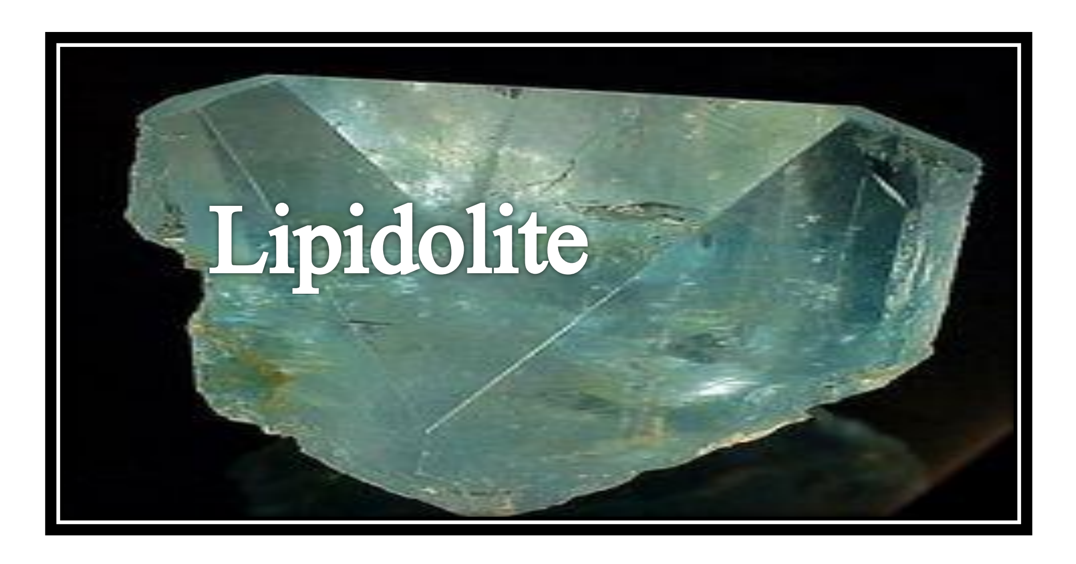


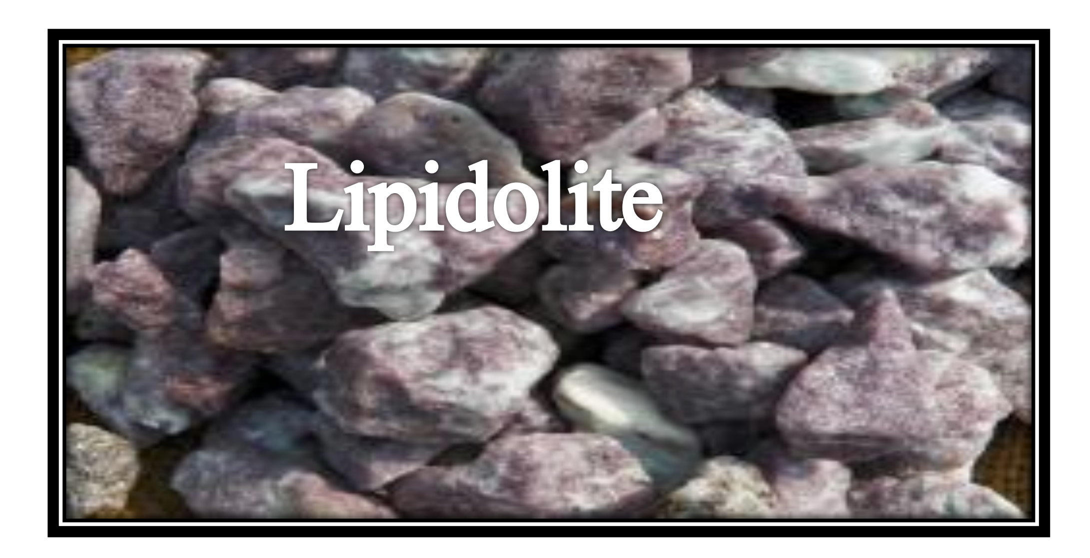


ليبيدوليت $K2Li8Al3(AlSi8O10)2(O,OH,F)4$:

يعرف المعدن أيضا باسم الميكا الليثياثية Lithia mica. يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. البلورات عادة في هيئة صفائح صغيرة أو منشورات سداسية المظهر. يغلب وجود المعدن في هيئة مجموعات قشرية دقيقة أو خشنة التبلور. الانفصام قاعدي كامل {١٠٠}. الصلادة = ٢,٥ – ٤. الوزن النوعي = ٢,٨ – ٢,٩. البريق لؤلؤي. اللون أحمر وردي فاتح أ، زنبقي Lilac أو أبيض. نصف شفاف. ينصهر بسهولة. درجة الانصهار = ٢.

معدن الليبيدوليت من المعادن النادرة نسبيا. يوجد المعدن في عروق البجامتيت حيث يصاحب معادن أخرى محتوية على الليثيوم مثل التورمالين الوردي أو الأخضر والإمبليجونيت وسبوديومين. قد توجد بلورات الليبيدوليت متداخلة مع السكوفيت حيث تتوازى البلورات مع بعضها البعض. من المناطق الشهيرة بوجود المعدن جبال الأورال وجزيرة علبا ومدغشقر. يستعمل المعدن كمصدر لعنصر الليثيوم ، وكذلك في صناعة الزجاج المقاوم للحرارة.





معادن الميكا الهشة :

مارجريت CaAl2(Al2Si2O19)(OH)2 :

الميل الواحد. نظام المنشور ، البلورات نادرة. يوجد في هيئة مجموعات قشرية. الصلادة = ٣,٥ – ٥ (أصلد من الميكا الحقيقية). الوزن النوعي = ٣,٠ – ٣,١. الانفصام قاعدي {١٠٠} كامل. البريق زجاجي أو لؤلؤي. اللون وردي باهت أو أبيض أو رمادي. نصف شفاف. الصفائح قابلة للكسر (brittle). درجة الانصهار = ٤ – ٤,٥. يوجد مارجريت عادة مصاحبا معدن كوراندوم ، وفي العامة يتكون كناتج من نواتج تحلله.

أوتريليت (Fe,AL,Mn)(OH)Silicate :

(الميول الثلاثة). الصلادة = ٣ – ٧. الوزن النوعي = ٣,٣. درجة الانصهار = ٦. حيث يعطي كرة مغناطيسية. يوجد في الصخور المتحولة مثل الشست.

كلوريتويد Fe,Al(AlSiO5)(OH)2 :

الميل الواحد ، نظام المنشور . الصلادة = ٦,٥. الوزن النوعي = ٣,٥٢ – ٣,٥٧. درجة الانصهار = ٦. ويعطي مادة مغناطيسية . يتحلل بحامض الكبريتيك . يوجد في الصخور المتحلوة مثل الشست. كذلك يوجد كناتج تحلل بعض الطفوح البركاينة بواسطة المحاليل المائية الحارة.

معادن الكلوريت :

تضم هذه المجموعة عدة معادن ذات خواص بلورية وفيزيائية وكيميائية متشابهة. ومن الصعب جدا التمييز بين هذه المعادن دون الالتجاء إلى التحليل الكيميائية الدقيقة والدراسات البصرية. والوصف التالي لما نسميه معدن "كلوريت" ما هو في الواقع إلا وصفا شاملا للأنواع الأساسية التابعة لهذه المجموعة وهي: كلينوكلور ، بينيت ، بروكلوريت.

كلوريت (Mg,Fe)، *FE*، $(Al)_8(AlSi)_4O_{10}(OH)_2.Mg(OH)_6$:

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور . البلورات مسطحة ذات مظهر سداسي كاذب ، يشبه المعدن في هيئته بلورات مجموعة معادن الميكا ولكن يندر وجود البلورات الواضحة. يوجد المعدن عادة في هيئة كتل صفائحية أو مجموعات مكونة من قشور دقيقة. يوجد كذلك في يهئة حبيبات صغيرة منتشرة في الصخر.

ينفصم المعدن بسهولة ، الانفصام قاعدي {١٠٠} ، الصفائح تنثني ، لكن ليست مرنة. الصلادة = ٢ – ٢,٥. الوزن النوعي = ٢,٦ – ٢,٩. البريق زجاجي أو لؤلؤي. اللون أخضر بدرجات مختلفة ويندر وجود الأنواع الصفراء أو البيضاء أو الوردية. شفاف أو نصف شفاف. المعدن صعب الانصهار . درجة الانصهار = ٥ – ٥,٥. يتميز المعدن بلونه الأخضر وهيئته الصفائحية وانفصامه في صفائح غير مرنة.

معدن كلوريت من المعادن الشائعة الواسعة الانتشار ذات النشأة الثانوية ، يتكون المعدن نتيجة لتحلل السليكات المحتوية على الألومنيوم والحديدوز والمغنسيوم مثل البيروكسينات والأمفيبولات والبيوتيت والجارنت. يوجد المعدن حيثما وجدت الصخور المحتوية على مثل هذه المعادن وقد أصبحت صخورا متحولة. توجد بعض صخور الشست مكونة كلها تقريبا من معدن الكلوريت ويعزى اللون الأخضر لكثير من الصخور النارية إلى وجود الكلوريت الذي نتج من تحلل المعادن السليكاتية الحديدومغنيزية. وكذلك يعزى اللون الأخضر لكثير من صخور الشست والإردواز إلى وجود معدن الكلوريت منتشرا في الصخر في هيئة حبيبات دقيقة. وقد يترسب بعض الكلوريت من المحاليل المائية الحارة.



تلك (طلق) $Mg_8(Si_4O_{10})(OH)_2$:

يعرف أيضا باسم حجر الصابون Soapstone أو الاستياتيت Steatite. يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. نظام المنشور. البلورات نادرة. يوجد المعدن عادة في هيئة كتل صفائحية ، وفي بعض الأحيان في هيئة مجموعات صفائحية شعاعية. يوجد أيضا في هيئة كتل متماسكة. الانفصام قاعدي كامل {١٠٠}. تنثني

الصفائح قليلا ولكنها ليست مرنة. المعدن قابل للتقشير . الصلادة = ١ (يترك علامة على قطع من القماش). الوزن النوعي = ٢,٧ – ٢,٨. البريق لؤلؤي أو شحمي. اللون أخضر تفاحي أو رمادي أو أبيض فضي. نصف شفاف. الملمس شحمي. المعدن صعب الانصهار. درجة الانصهار = ٥. لا يتأثر بالأحماض. يتميز المعدن ببنيته الصفائحة وانفصامه السهل وسهولة خدشه وملمسه الشحمي.



معدن التلك من المعادن الثانوية النشأة، إذ يتكون المعدن نتيجة لتحلل المعادن السليكاتية المغنيزية ، مثل الأوليفين والبيروكسينات والأمفيبولات ، وقد يوجد في هيئة أشكال كاذبة لهذه المعادن. ولكن التلك يوجد بصفة مميزة في الصخور المتحولة حيث يوجد في هيئة حبيبية أو خفية التبلور في الصخر المعروف باسم حجر الصابون ، حيث يكون المعدن معظم الصخر تقريبا . وقد يوجد التلك كمكون أساسي في الصخور الشستية مثل الشست التلكي.

ويجد التلك في مصر في أماكن مختلفة بالجزء الجنوبي من الصحراء الشرقية (العطشان ودرهيب) حيث يستغل المعدن اقتصاديا. يستعمل التلك بكميات كبيرة في هيئة مسحوق في صناعة البويات والخزف والورق والكاوتشوك كما يستعمل كمسحوق التلك (بودرة التلك).

سبرنتيت [Mg(Si4)10)(OH)8]:

يبتلور المعدن في فصيلة الميل الواحد نظام المنشور . البلورات غير معروفة وإنما يوجد في أشكال كاذبة. يوجد السربنتين في هيئتين بلورتين: إحداهما صفائحية وتعرف باسم أنتيجوريت Antigorite ، والأخرى أليافية وتعرف باسم كريزوتيل CHrusotile.

السربنيتن ذو مكسر محاري أو أليافي. وتتراوح صلادته بين ٢ ، ٥ . ووزنه النوعي ٢,١ للنوع الأليافي و٢,٦٥ للنوع الكتلي. ولونه أخضر ذو درجات مختلفة وقد يكون رماديا أو أحمر أو بنيا أو أسودا. البريق راتنجي أو شحمي أو شمعي. قد يحتوي السربنتين على الحدي أو النيكل أو المنجنيز أو الألومنيوم أو الكروميوم.





ينتج السربنتين من تحلل المعادن المغنيزية مثل الأوليفين والإنستاتيت والهورنبلند والتريموليت والأوجيت. ويعتبر الأوليفين أهم مصدر للسربنتين إذا قليلا ما يوجد الأوليفين دون أن يكون قد تحلل إلى سربنيتن. ويصاحب السربنتين معادن الماجنيزيت والكالسيت والماجنتيت والكروميت والجارنيزيت والجارنت (بيروب) والبلاتين والتلك.

والسربنتين معدن منتشر في الصخور المختلفة التابعة لحقب البريكامبري في الصحراء الشرقية المصرية. تستخدم الأنواع الأليافية من السربنتين (كريزوتيل) مصدر للاسبوستس Asbestos الذي يستعمل في صناعة العوازل الخاصة ضد الحريق والحرارة والكهرباء . أما الأنواع الكتلية من السربنتين ذات اللون الأخضر الفاتح أو الداكن فإنها تستعمل في أحجار الزينة. أما إذا كان السربنتين مختلطا مع الرخام الأبيض فإنه يكسبه ألوانا معرقة جميلة. ويطلق على الرخام في هذه الحالة اسم الرخام الأخضر Verd Sntique marble.

جارنيريت [NiMg)SiO8.nH2O)]:

المعدن عديم التبلور Amorphous. يوجد المعدن في هيئة قشور أو كتل ترابية. الصلادة = ٢ – ٣. الوزن النوعي = ٢,٢ – ٢,٨. البريق أرضي أو معتم . اللون أخضر تفاحي أو أبيض. المخدش أبيض مائل للخضرة. الملمس شحمي.

الجارنيت من المعادن الثانوية النشأة حيث يصاحب المعدن السربنتين ، ويحتمل أن يكون قد نتج من تحلل صخر البيريدوتيت المحتوي على النيكل . ويوجد المعدن في جزيرة الزبرجد (سانت جون) بالبحر الاحمر قرب الحدود المصرية مع السودان. ويستخدم الجارنيتريت كخام لفلز النيكل.

بيروفيلليت $Al_2(Si_4O_{10})(OH)_2$:

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد ، نظام المنشور. يوجد عادة في هيئة كتل صفائحية أو حبيبة . يشبه التلك في مظهره. الصلادة = ١ – ٢ (يترك أثلا على القماش). الانفصام قاعدي كامل {١٠٠}. الصفائح تنثني بعض الشئ ولكنها ليست مرنة. الوزن النوعي = ٢,٨ – ٢,٩. البريق لؤلؤي أو شحمي. اللون أبيض أو أخضر تفاحي أو رمادي أو بني. نصف شفاف.

بيروفيلليت معدن نادر الوجود نسبيا. يوجد في الصخور المتحولة مصاحبا عادة معدن كيانيت . يستخدم المعدن في بعض الأحيان في نفس الأغراض التي يستخدم فيها التلك.

سيبيوليت (ميرشوم) $Mg(Si_6O_{15})(OH)_2.6H_2O$:

الفصيلة البلورية غير معروفة بالظبط ، يحتمل أن تكون الميل الواحد. يبدو المعدن تحت الميكروسكوب كمخلوط من مادة أليافية وأخرى عديمة التبلور لها نفس التركيب الكيميائي. الصلادة = ٢ – ٢,٥ . الوزن النوعي = ٢. المكسر محاري. يطفو المعدن على سطح الماء عندما يكون جافا وذلك بسبب مساميته العالية. اللون أبيض رمادي أو أبيض مائل للاصفرار أو الأحمر. الملمس ناعم. نصف شفاف. درجة الانصهار = ٥ – ٥,٥. ويعطي ماءا كثيرا في الأنبوبة المقفولة.

يوجد سيبيوليت كمعدن ثانوي النشأة في هيئة كتل عقدية الشكل مصاحبا للسربنتين وكذلك للأوبال والماجنيزيت. يستخدم المعدن في صناعة أنابيب الميرشوم.

المعادن التكتوسليكاتية (الهيكيلية فى الأبعاد الثلاثة) :

يتكون ثلاثة أرباع القشرة الأرضية تقريبا من معادن سليكاتية فيها رباعي الأوجه SiO_4 متصلة مع بعضها البعض في الأبعاد الثلاثة لتكون بناءا هيكليا. وتتبع هذه المعادن قسم التكتوسلسيكات حيث تسهم جميع ذرات الأكسجين في أركان رباعي الأوجه في الارتباط بين رباعي الأوجه المجاورة وينتج عن هذا بناء مستقر قوي الإرتباط تكون فيه نسبة لاسليكون إلى الأكسجين كنسبة ١:٢. $(SiO_2)n$.

والهيكل السليكاتي في أبسط صورة يكون متعادلا كهربائيـة ولا يحتوي علـى أيونـات فلزيـة. كما هو الحال في مجموعة السليكا SiO_4. أما في بقية المعادن السليكاتية ذات البناء الهيكلي فنجد أنها تحتوي على الألومونيوم بصفة أساسية وقد حل محل جزء من السليكون. وإحلال أيون الألومونيوم (ثلاثي التكافؤ) محل أيون سليكون (رباعي التكافؤ) ينقص من شحنة الهيكل البنائي المتعادل شحنة موجبة ، الأمر الذي يحتم أن يدخل أيون أحادي الشحنة الموجبة (مثل البوتاسيوم) مع الألومونيوم لينتج بناء متعادل. وهذا ما يحدث في بناء الأرثوكليز إذا كانت n في البناء السليكاتي المتعادل $(SiO_2)n$ تساوي ٤ ، فإنه ينتج SI_4O_8 فإذا حل أيون Al محل أيون Si فإنه ينتج – $(AlSi_8O_8)$ وهذا لابد أن يتحد مع أيون موجب مثل البوتاسيوم فيكون $[K(AlSi_8O_8O)]$ (الأرثوكليز) أو مع الصوديوم $[Na(AlSi_8O_8O)]$ (الألبيت).

أما إذا حل أيونان من الألومونيوم محل أيونين من السليكون فإنه ينتج عن ذلك شحنتان سالبتان في البناء بدلا من شحنة واحد. وتتعادل هاتان الشحنتان مع أيون ذي شحنتين موجبتين (ثنائي التكافؤ)، مثل الكالسيوم ، وينتج بناء سليكاتي متعادل. مثل الأنورثيت $[(Ca(AlSi_8O_8)]$.

وفيما يلي بيان المعادن الشائعة التي تنتمي إلى قسم التكتوسلسيكات:

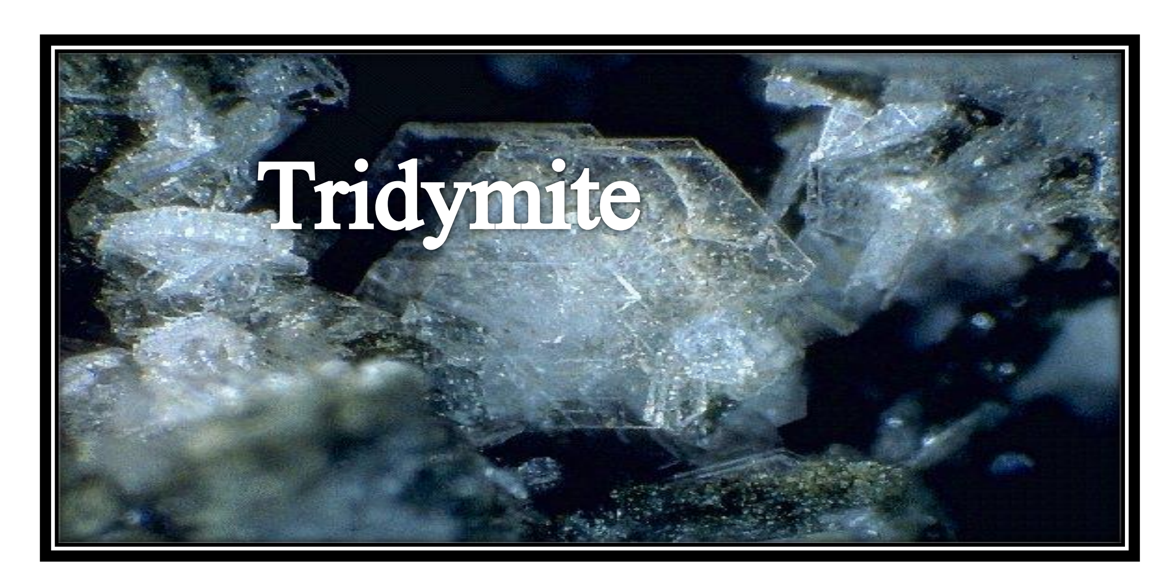
مجموعة السليكا :
كوارتز SiO_2 Quartz
تريديميت SiO_2 Tridymite
كريستوباليت SiO_2 Cristobalite
مجموعة الفلسبار :
متسلسلة الفلسبارات البوتاسية :
ميكروكلين $(K(AlSi_8O_8$ Microcline
أرثوكليز $(K(AlSI_3O_8$ Orthoclase
متسلسلة الفلسبارات الصودية الكالسية :
ألبيت $(Na(AlSi_3O_8$ Albite
أنورثيت $(Ca(Al_2Si_2O_8$ Anorthite
مجموعة الفلسباتويد :
لوسيت $(K(Ali_2SO_6$ Leucite
نيفيلين $(Na,K)(AloSO_4)$ Nepheline
صوداليت $Na_4(AlSiO_4)_3Ol$ Sodalite
لازوريت $(Na,Ca)_4(ALSIO_4)_8(SO_4,S,Cl)$ Lazurite
بتاليت $(Petalite Li(AlSi_4O_{10}$

مجموعة سكابوليت:
مرياليت Marialite (Na4(AlSI8O8)8(Cl
ميونيت Meonite (Ca4(Al2Si2O8)8(Co8
مجموعة الزيوليت:
أنالسيت Analcite (Na(AlSI2O8)8(Cl
نطروليت Natrolite Na2(Al2Si8O10)2.H2O
كابازيت Cabazite Ca,Na)2(Al2Si4O12).6H2O)
هيولنديت Heulandite Ca(Al2Si2O18).6H22O
ستلبيت Stilbite Ca(Al2Si2O18).7H2O

مجموعة السليكا:

الكواتز:

وصف لسهولة الدراسة ضمن قسم المعادن الأكسيدية من صفحة (٢٢٢-٢٣٤).





مجموعة معادن الفلسبار:

تعتبر هذه المجموعة من المجموعات الهامة للمعادن. وتشمل معادن عبارة عن سليكات الألومونيوم والبوتاسيوم أو الصوديوم والكالسيوم وفي أحوال نادرة الباريوم. وتتبع هذه المعادن فصيلة الميل الواحد أو الميول الثلاثة. ولكن بالرغم من هذا الاختلاف في الفصائل البلورية نجد أن البلورات تتشابه إلى حد كبير في هيئتها وزواياها. ولهذه المعادن انفصام واضح في مستويين يتقاطعان في زوايا تساوي أو تقرب من ٩٠° . الصلادة حوالي ٦ ، والوزن لانوعي يتراوح بين ٢,٥٥ – ٢,٧٦.

التركيب الكيميائي: يمكن اعتبار معادن الفلسبار الشائعة محاليل جامدة للمكونات الثلاثة وهي: أرثوكليز KAlSi8O8 ، ألبيت NaAlSI8O8 ، أنورثيت CaAl2Si2O8. أما النوع المحتوي على الباريوم ، سلسيان BaAl2Si2O8 فهو قليل الأهمية. ويكون الألبيت والأنورثيت متسلسلة كاملة من المحاليل الجامدة عند جميع درجات الحرارة. بينما يكون الأنورثيت والأرثوكليز محلولا جامدا محدودا جدا ، أم االألبيت والأرثوكليز فإنهما يكونان متسلسلة كاملة عند درجات الحرارة العالية فقط وغير كاملة عند درجات الحرارة الأقل.

معادن الفلسبار البوتاسية :

يوجد المركب الكيميائي KALSi8O8 في أربعة أشكال بلورية في الطبيعة كل شكل منها يمثل معدنا مميزا. هذه الأشكال الأربعة هي:

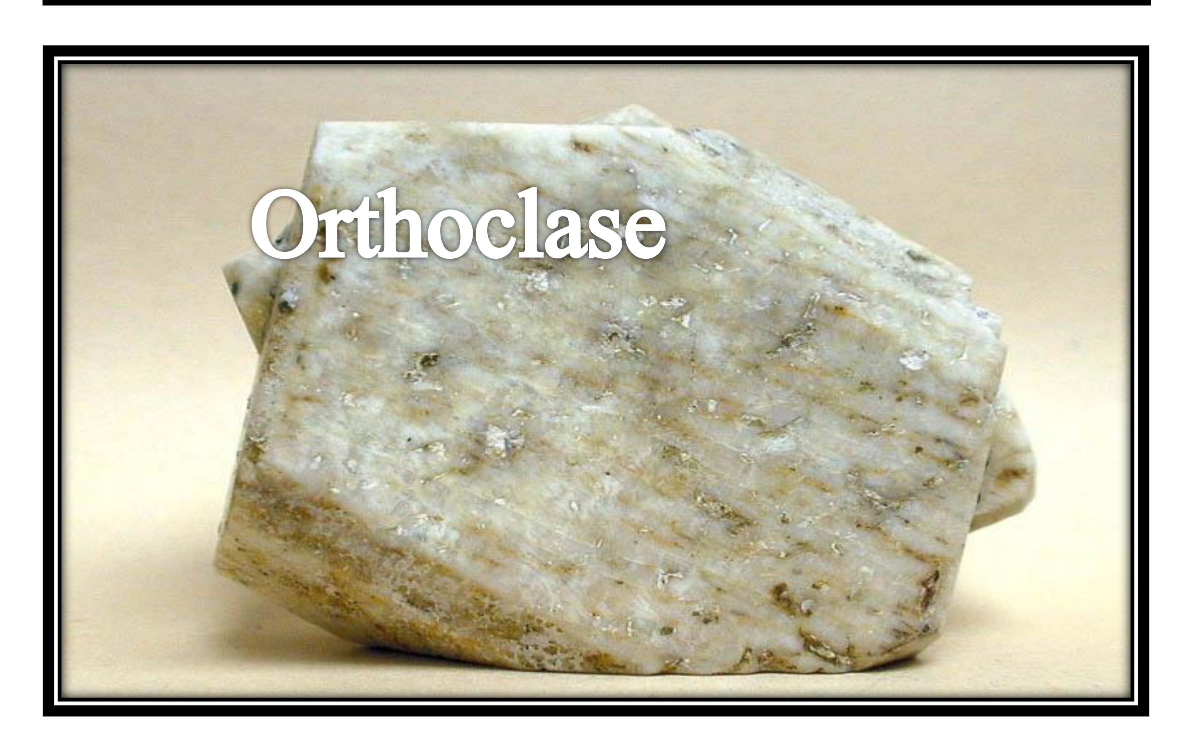
سانيدين: درجات الحرارة العالية. يوجد في صخور بركانية حمضية.
أرثوكليز: درجات الحرارة الأقل ، يوجد في صخور جوفية حمضية.
ميكروكلين: درجات الحرارة الأقل ، يوجد في صخور البجماتيت الجرانيتية.
أديولاريا: درجات الحرارة المنخفضة ، يوجد في العروق المائية الحارة.
وأكثر هذه المعادن إنتشارا في الطبيعة الأرثوكليز والميكروكلين.

أرثوكليز KAlSi8O8

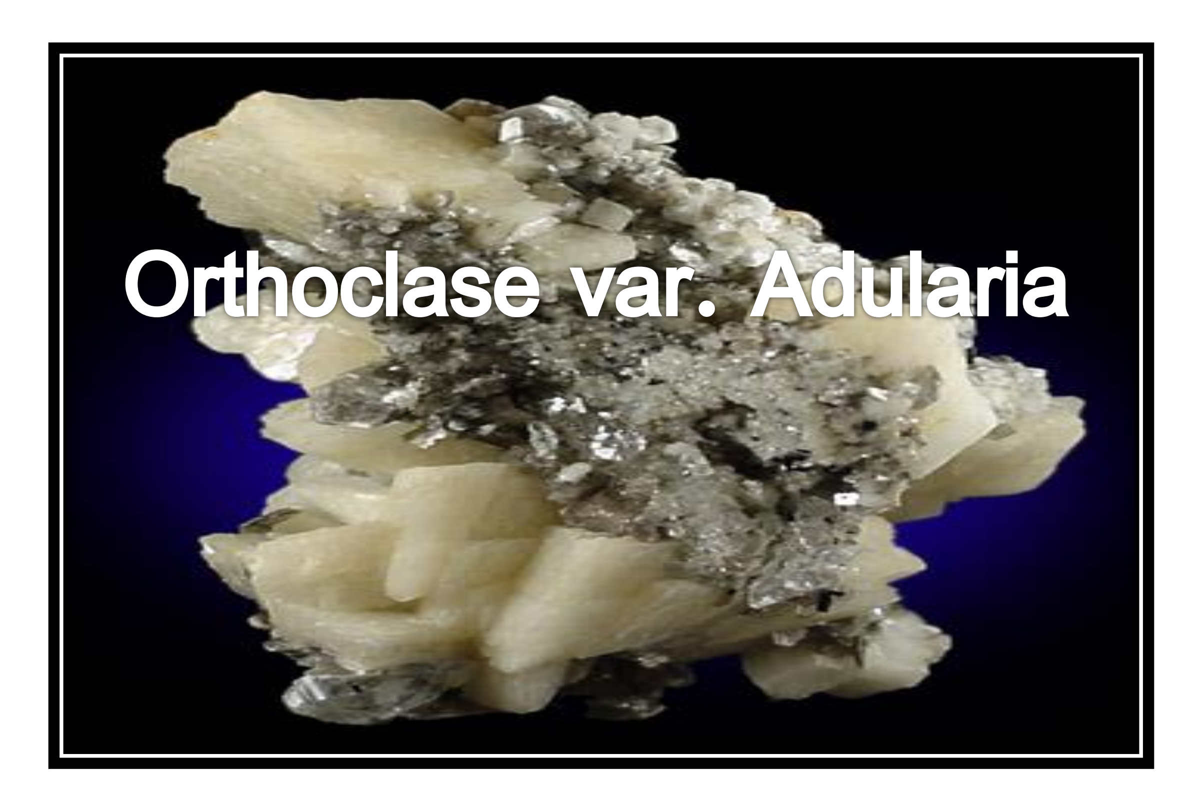
يتبلور الأرثوكليز في فصيلة الميل الواحد. نظام المنشور. البلورات منشورية الهيئة ، وممتدة في اتجاه المحور أ أو المحور ج. تظهر البلورات أنواعا كثيرة من التوائم. يكثر وجود البلورات ، أو الكتل المنفصمة أو الحبيبية ولكن في الصخور يوجد المعدن في هيئة حبيبات لا شكل لها.

الصلادة = ٦. الوزن النوعي = ٢,٥٧. يوجد مستويا انفصام أحدهما موازي للمسطوح القادي {١٠٠} وهو كامل. والآخر موازي للمسطوح الجانبي {٠١٠} وهو جيد. البريق زجاجي. اللون أبيض أو رمادي. المخدش أبيض. يتميز المعدن بلونه وصلادته وانفصامه ، ويتميز عن البلاجيوكليزات بزاوية انفصامه القائمة وعند وجود الخطوط الدالة على التوائم المركبة على سطوح الانفصام.

يتحلل المعدن بسهولة بواسطة المياه المحملة بثاني أكسيد الكربون ، وينتج عن التحلل كربونات البوتاسيوم التي تذوب في الماء. ويتخلف عن المعدن مخلوط من الكرلينيت والسليكا أو المسكوفيت والسليكا.



الأرثوكلكليز من المعادن الواسعة الانتشار ، ويوجد في الصخور النارية الحمضية والجرانيت والسيانيت. كما يوجد في عروق البجماتيت (الميكروكلين أكثر إنتشارا منه في هذه العروق) ،ويوجد أيضا في صخور الشست والنيس والصخور الرسوبية مثل الأركوز ، وفي بعض الأحيان في الصخور الرملية والكونجلوميرات. يصاحب الأرثوكليز معادن الكوارتز والمسكوفيت والألبيت بصفة عامة في هذه الصخور.



يستعمل الأرثوكليز كمصدر رئيسي في صناعة الخزف حيث يطحن المعدن إلى مسحوق ناعم جدا ثم يخلط مع الكاولين أو الطين والكوارتز. وعندما يسخن المخلوط إلى درجات عالية من الحرارة ينصهر الفلسبار ويعمل كمادة لاحمة تربط أجزاء المخلوط بعضها ببعض ويكسب الفلسبار المصهور اللمعة للأواني الخزفية ، كما تستعمل كميات قليلة من الأرثوكليز في صناعة الزجاج لتمد العجينة الزجاجية بالألومونيوم.

ميكروكلين KAlSi8O8

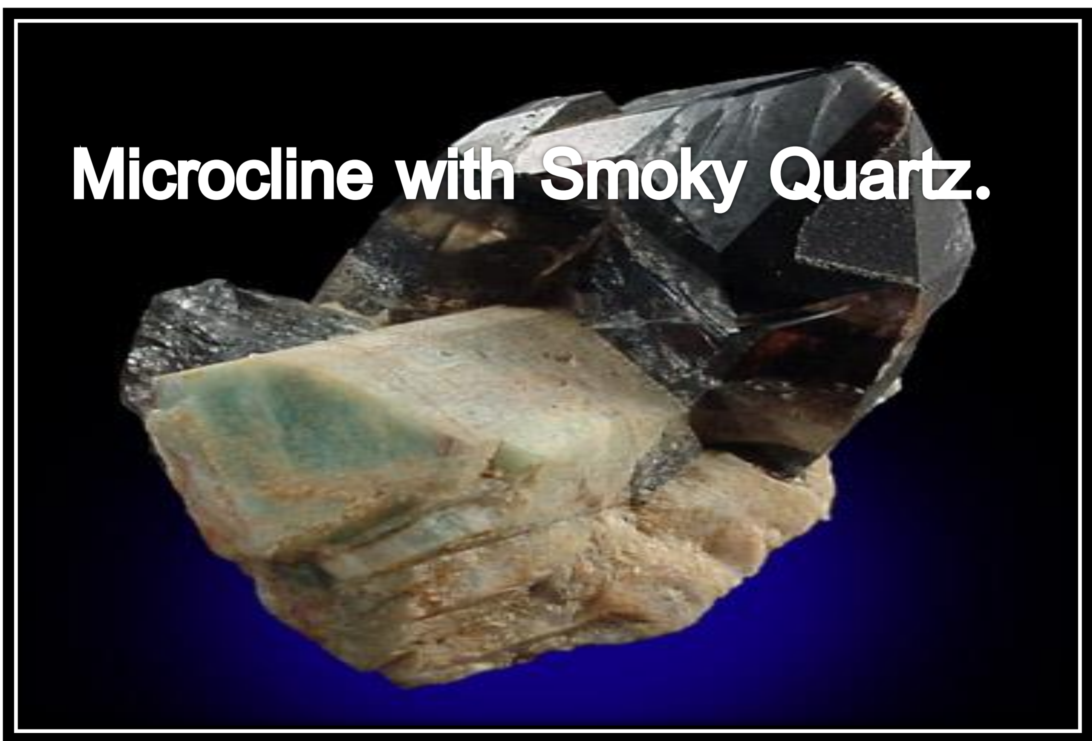
يتبلور المعدن في فصيلة الميول الثلاثة ، نظام المسطوح. البلورات توأمية وتتقاطع مستويات التوائم بزاوية تقرب من ٩٠° (مقطع المعدن تحت الميكروسكوب يبدو كشبكة مكونة من خطوط طولية وعرضية متقاطعة بزوايا قائمة). لا يوجد هذا النوع من التوائم في الأرثوكليز. تبلغ بلورات الميكروكلين في بعض صخور البجماتيت الجرانيتي أحجاما ضخمة. وقد يتداخل الألبيت مع الميكروكلين.

الصلادة = ٦. الوزن النوعي = ٢,٥٤ – ٢,٥٧. الانفصام موازي للمسطوح القاعدي {١٠٠} والمسطوح الجانبي {١٠١} حيث يتقاطعان بزاوية مقدارها ٣٠ ً ٨٩° (في الأرثوكليز تساوي هذه الزاوية ٩٠°) . البريق زجاجي . اللون أبيض أو أصفر باهت وفي بعض الأحيان النادرة أحمر. وقد يكون المعدن أخضر اللون ويعرف في هذه الحالة باسم حجر الأمازون Amazon stone. شفاف أو نصف شفاف. يتيمز المعدن عن الأرثوكليز بنوع من التوائم الموجودة به (يستعمل الميكروسكوب في هذا التميز) ، وكذلك إذا كان لونه أخضرا فهو ميكروكلين.



يوجد المعدن في كثير من الصخور التي يوجد بها الأرثوكليز وخصوصا البجماتيت الجرانيتي. أما حجر الأمازون الذي يستخدم في أغراض الزينة .





يوجد المعدن في كثير من الصخور التي يوجد بها الأرثوكليز وخصوصا البجماتيت الجرانيتي. أما حجر الأمازون الذي يستخدم في أغراض الزينة .

متسلسلة الفلسبارات الصودية الكالسية:

تتبلور معادن هذه المجموعة في فصيلة الميول الثلاثة. وتكون معادن البلاجيوكليز ، التي تعرف أيضا باسم معادن الفلسبار الصودية الكلسية ، متسلسلة كاملة من الأشكال المتشابهة تختلف في التركيب الكيميائي من الألبيت ، NaALSi3O8 ، إلى الأنورثيت CaAl2Si2O8 ، ويحل الكالسيوم محل الصوديوم ويصحب ذلك إحلال الألومونيوم محل السليكون.

وتقسم هذه المتسلسلة إلى ستة أقسام اختيارية تبعا لنسبة كل من الألبيت والأنورثيت في كل قسم:

Albite للألبيت ١٠٠ % ، أوليجوكليز Oligoclase ٩٠% ، أنديسين Andesine ٧٠- ٥٠ % ، لابرادوريت Labradirite ٥٠ – ٣٠ % ، بايتونيت Bytownite ٣٠ – ١٠ ، أنورثيت Anorthite ١٠ – ٠ % . ويلاحظ في معادن البلاجيوكليز أن الخواص المختلفة تتدرج تدرجا منتظما بين النهايتين ، وذلك بالرغم من إعطائنا أسماء مختلفة للأنواع المتوسطة ، وذلك يسهل الإحاطة بهذه المجموعة إذا نحن درسناها كلها كوحدة كاملة وليست كأنواع مجزأة.

ألبيت – أنورثيت

تتبلور معادن البلاجيوكليز في فصيلة الميول الثلاثة ، نظام المسطوح. البلورات مسطحة وموازية للمسطوح الجانبي {٠١٠} وأحيانا تكون ممتدة بمحاذاة المحور ب. البلورات عادة توأمية مركبة من عدة توائم حسب قانون الألبيت التوأمي أو قانون بيريكلين Pericline ، وينتج عن هذه التوائم تخطيط الأسطح المختلفة للبلورة ، وقد يسهل رؤية بعضها بالعين المجردة ، ولكننها تنكشف بسهولة تحت الميكروسكوب. يوجد عادة كحبيبات غير منتظمة الشكل في الصخور النارية.

الصلادة = ٦. الوزن النوعي يتدرج من ٢,٦٢ إلى ٢,٧٦. ينفصم المعدن بسهولة موازيا للمسطوح القاعدي {١٠٠} ، وكذلك يوجد انفصام جيد موازي للمسطوح الجانبي {٠١٠} ، والزاوية بين هذه الانفصامين تساوي ٩٥° ¯١٢ في الألبيت ، ٩٤° ¯١٢ في الأنورثيت. عديمة اللون أو بيضاء أو رمادية وفي أحوال قليلة قد تكون مائلة للخضرة أو الاصفرار أو الاحمرار. البريق زجاجي أو لؤلؤي شفاف أو نصف شفاف. بعض الأنواع مثل لابرادوريت تظهر خاصية عرض الألوان.

التركيب الكيميائي: سليكات الصوديوم والكالسيوم والألومونيوم. توجد متسلسلة كاملة من التشابه الشكلي بين الألبيت NaAlSi3O8 ، والألورثيت CaAl2Si2O8 ، وقد تحتوى الأنواع القريبة من طرف الألبيت على كميات لا بأس بها من البوتاسيوم. درجة انصهار المعدن من ٤ – ٤,٥ ، وتعطي كتلة زجاجية عديمة اللون.

وجودها في الطبيعة: تنتشر معادن الفلسبار البلاجيوكيزية (وهي معادن مكونة للصخور) في الطبيعة بصورة أكثر من معادن الفلسبار البوتاسية ، كما أنها أكثر منها كمية. توجد معادن البلاجيوكيز في الصخور النارية (بصفة عامة) والصخور المتحولة ، وفي حالات نادرة في الصخور الرسوبية.

ويعتمد تصنيف الصخور النارية على نوع وكمية الفلسبار الموجود ، وفي هذا التصنيف وجد – كمبدأ عام – أنه كلما ازدادت النسبة المئوية للسليكا في الصخر كلما قلت كمية المعادن الداكنة وازدادت كمية الفلسبار البوتاسي ويكون البلاجيوكليز الموجود من النوع الصودي ، والعكس صحيح ، كلما قلت النسبة المئوية للسليكا أزدادت النسبة المئوية للمعادن الداكنة وأصبح البلاجيوكليز الموجود من النوع الكلسي.

ألبيت: بالإضافة إلى وجوده كمكون للصخور النارية فإن الألبيت يوجد في جدد البجماتيت ، وقد يكون حالات محل الأوليجيوكليز السابق في عملية التبلور. ويطلق اسم كليفلانديت على النوع اللوحي من الألبيت الذي يوجد في صخور البجماتيت. وتبدي بعض أنواع الألبيت عرضا للألوان وتعرف في هذه الحالة باسم حجر القمر.





أوايجيوكليز: يوجد في مناطق مختلفة على مكتنفات من الهيماتيت تكسب المعدن بريقا ووميضا ذهبيا. ويعرف مثل هذا الفلسبار باسم حجر الشمس أو AVENTURINE OLIGOELASE.

انديسين: يوجد كحبيبات في الصخور النارية ، خصوصا في الطفوح البركانية.

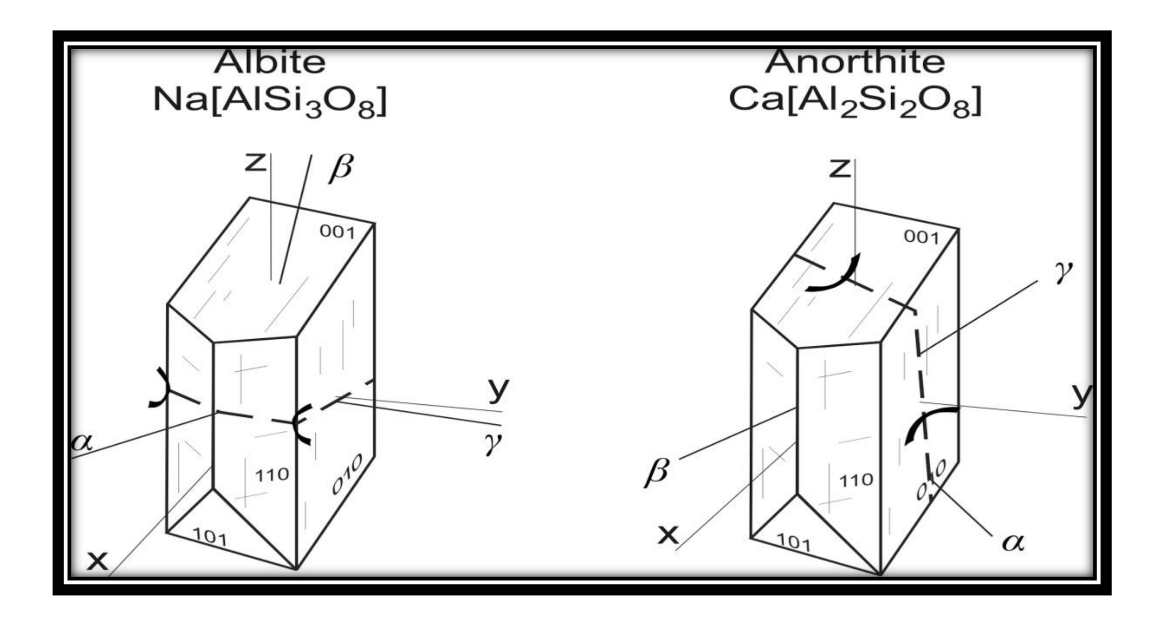
لابرادريت: معدن منتشر في كثير من الصخور النارية القاعدية وكذلك كمعدن أساسي وحيد في صخر الأنورثوزيت Anorthosite يوجد على ساحل لبرادور بكندا في هيئة كتل كبيرة منفصمة تبدي عرضا رائعا للألوان.

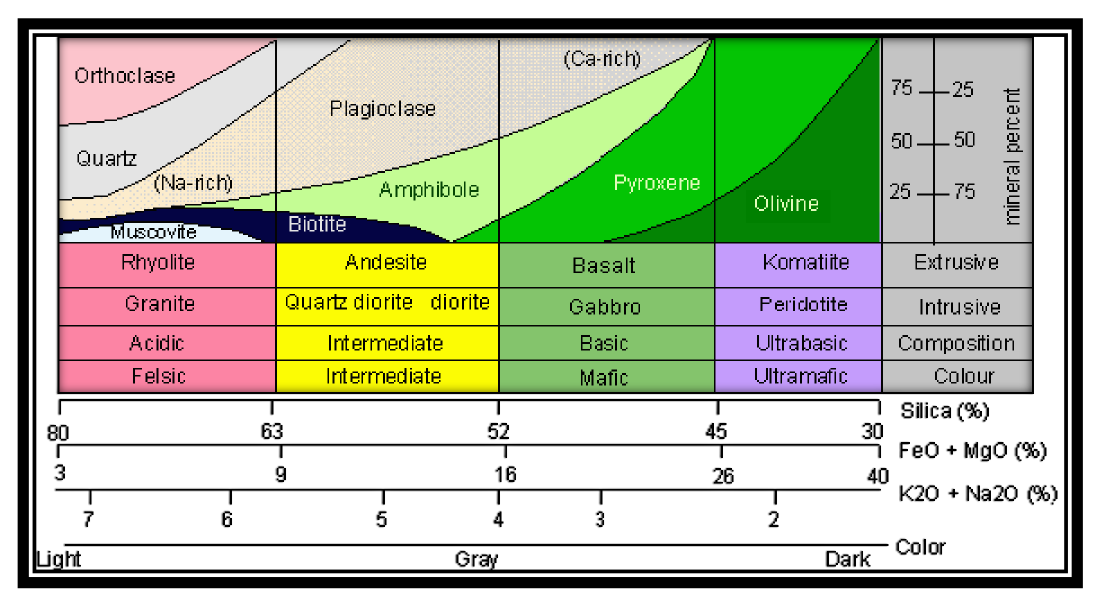
باتوتيت: يوجد كحبيبات في الصخور النارية القاعدية.

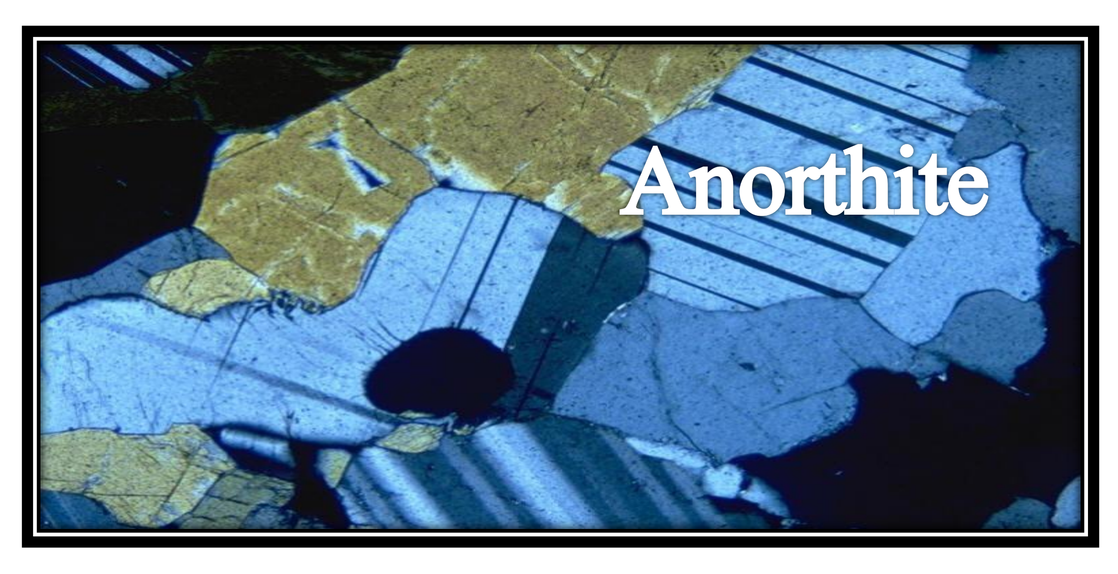
أنورثيت: أقل انتشارا من النوع الصودي. يوجد في الصخور النارية وكذلك في بعض الصخور الجيرية الحبيبية المتحولة بالحرارة.



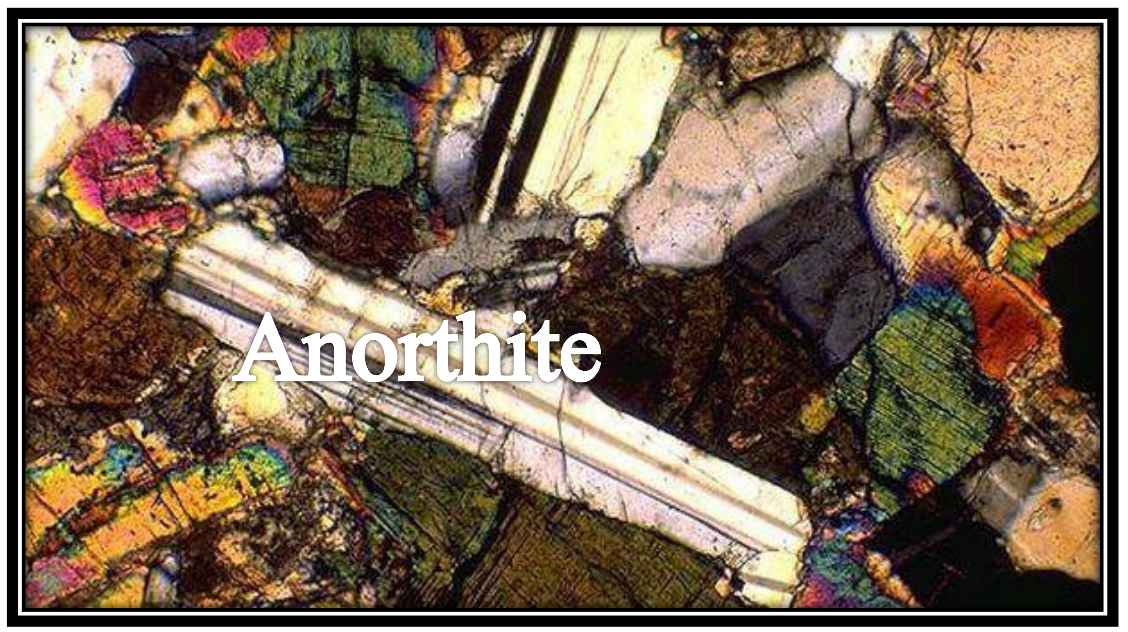



Albite
Na[AlSi3O8]
Anorthite
Ca[Al2Si2O8]
001
110
010
101
z
y
x
β
γ
α


Orthoclase
Quartz
(Na-rich)
Plagioclase
(Ca-rich)
Muscovite
Biotite
Amphibole
Pyroxene
Olivine
mineral percent
Rhyolite
Andesite
Basalt
Komatiite
Extrusive
Granite
Quartz diorite diorite
Gabbro
Peridotite
Intrusive
Acidic
Intermediate
Basic
Ultrabasic
Composition
Felsic
Intermediate
Mafic
Ultramafic
Colour
Silica (%)
FeO + MgO (%)
K2O + Na2O (%)
Color
Light
Gray
Dark


Anorthite





تستعمل بعض أنواع معادن البلاجيوكليز في صناعة الأحجار الكريمة أما اللابرادويت ذو خاصية عرض الألوان فيستخدم في صناعة أحجار الزينة ، ويستعمل الألبيت (يطلق عليه تجاريا اسم صودا سبار) في صناعة الخزف بطريقة مماثلة لطريقة استعمال الأرثوكليز.

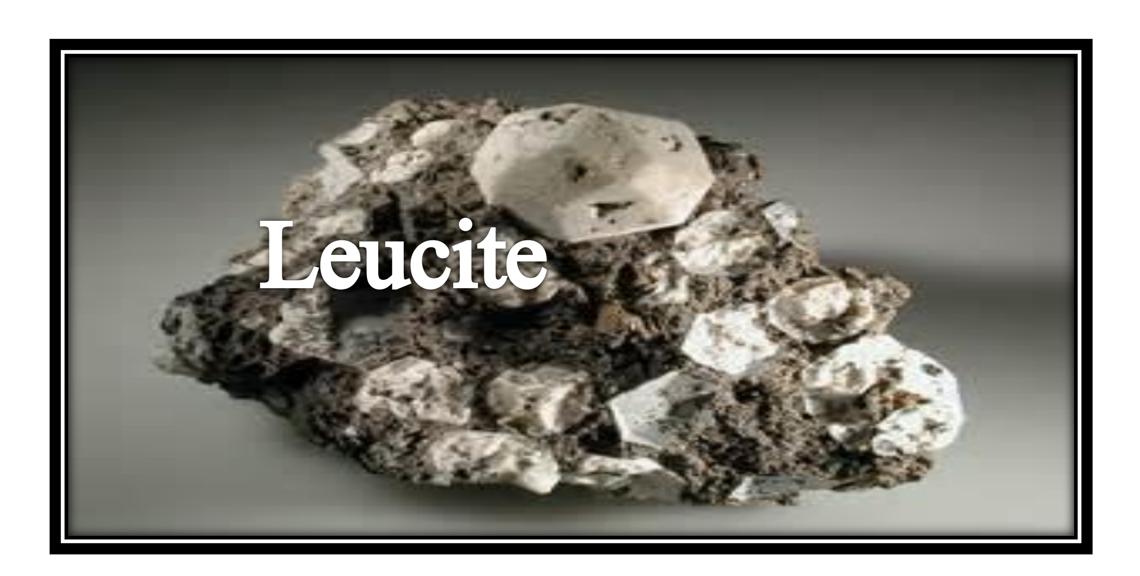
مجموعة معادن الفلسباثويد:

تشبه معادن هذه المجموعة من الناحية الكميائية معادن الفلسبار. فهي ايضا سليكات ألومونية للبوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم بصفة أساسية ، وبعض الأيونات الأخرى بصفة قليلة. والاختلاف الرئيسي بين الفلسباثويد والفلسبار يرجع إلى كمية السليكا الموجودة في كل منها. فتحتوي معادن الفلسباثويد على ثلثي كمية السليكا الموجودة في معادن الفلسبار القلوية تقريبا ، وعلى ذلك فإنها تميل إلى التكون من المحاليل

الغنية بالقلويات (الصوديوم والبوتاسيوم) والفقيرة في السليكا. ويتكون بناء الفلسباثويدات الذري من هيكل متشابك من السليكات الألومونية حيث تستضيف الفراغات البينية الكاتيونات (الصوديوم ، البوتاسيوم ، الكالسيوم) ، وكذلك بعض الأنيونات الغريبة (كليورين ، كربونات ، كبريتات). فمثلا يوجد الكلورين بصفة اساسية في صوداليت ، وفي كاكنكرينيت يوجد أيون الكربونات ، بينما يحتوي نوزيليت على الكبريتات ويحتوي لازوليت على أيونات الكبريتيد والكلورين.

لوسيت KAlSi2(6 :

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب. يكثر وجود شكل ذو الأربعة وعشرون منحرفا على البلورات. يتبلور المعدن من اللافا (الحمم) في الصخور البركانية. الصلادة = ٥,٥. الوزن النوعي = ٢,٤٥ – ٢,٥٠. البريق زجاجي او معتم. اللون أبيض. نصف شفاف. يتميز المعدن بشكله البلوري وعدم انصهاره. المعدن أقل صلادة من الجارنت. لوسيت من المعادن النادرة نسبيا. يوجد في الصخور البركانية الحديثة مثل الطفوح الناتجة من بركان فيزوف.



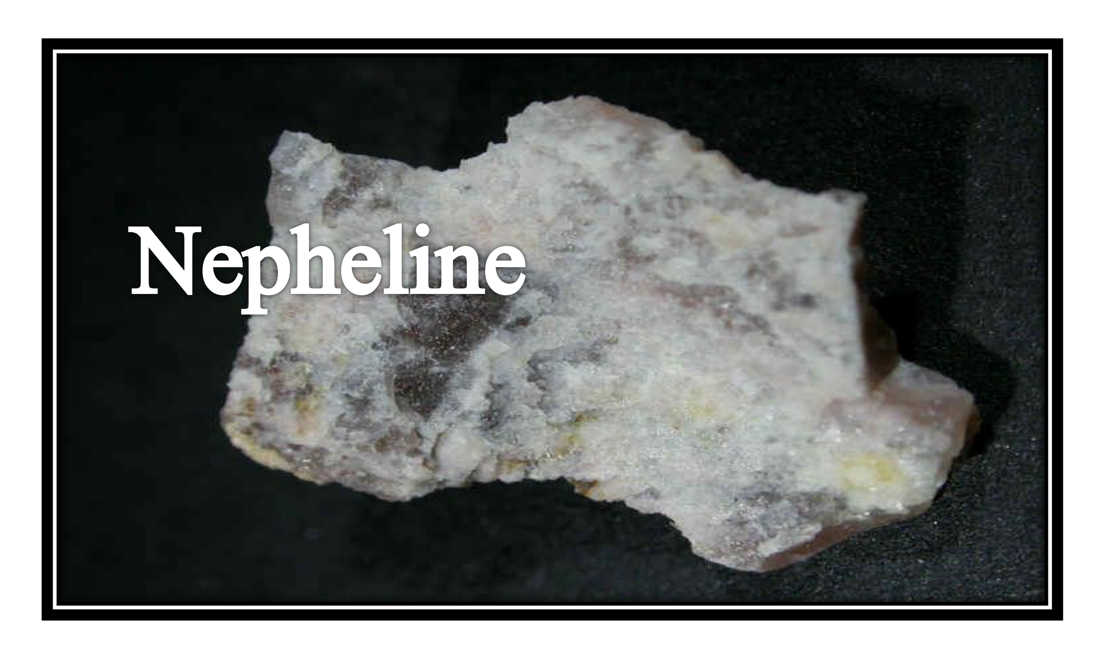




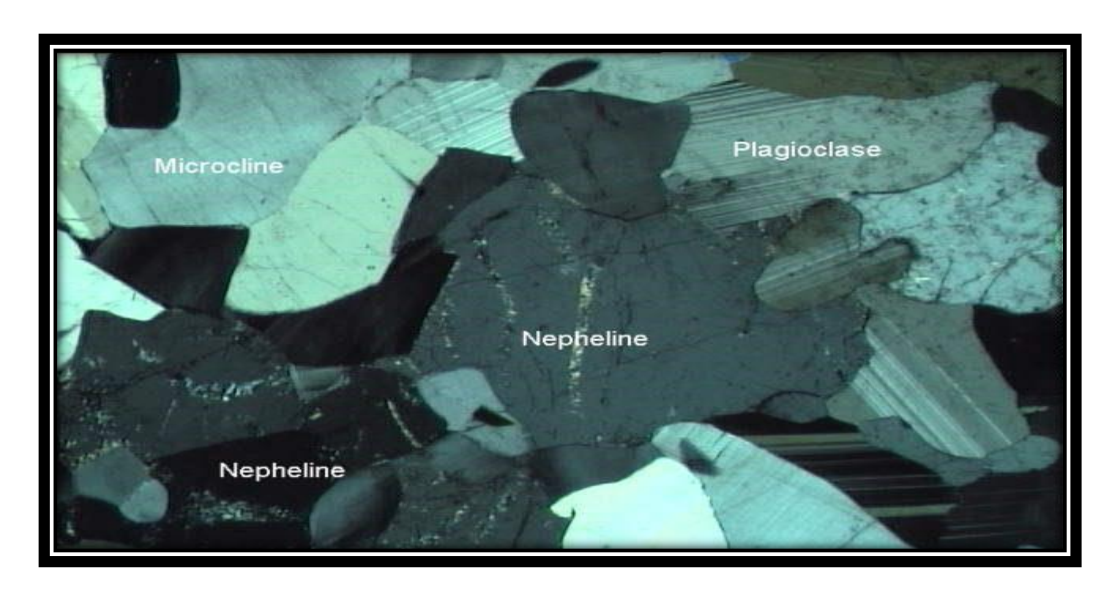
نيفيلين NaAlSiO4:

يتبلور المعدن في فصيلة السداسي ، نظام الهرم ، يوجد عادة في هيئة كتلية متماسكة أو حبيبات منتشرة في الصخر. الصلادة = ٥,٥ – ٦. الوزن النوعي = ٢,٥٥ – ٢,٦٥. الانفصام واضح ومـوازي للمنشور {١٠١‾٠}. البريق زجاجي في البلورات الشفافة أو شحمي في الأنواع الكتلية. اللون أبيض أو رمادي أو مائل للاصفرار. شفاف أو نصف شفاف. يتميز المعدن في الأنواع الكتلية ببريقه الشحمي. يفرق عن الكوارتز بصلادته الأقل. وعن الفلسبار بتحول إلى مادة غروية في الأحماض. يتحلل المعدن بسهولة ليعطي معادن مختلفة مثل المسكوفيت والكاولينيت والزيوليتات (سليكات غنية بالماء للألومونيوم والقلويات ، وهي معادن ثانوية النشأة). يوجد النيفيلين في الصخور النارية خصوصا البركانية الحديثة ، حيث يتبلور من المجما الغنية بالصودا والفقيرة في السليكا. كانكرينيت: سليكات مائية للصوديوم والكالسيوم والألومونيوم ، معدن يشبه النيفيلين في الوجود في الطبيعة والمعادن التي يصاحبها إلا أنه نادر الوجود.




Nepheline


Nepheline


Microcline
Plagioclase
Nepheline
Nepheline

صودواليت $Na_8(AiSiO_4)Cl_2$:

يتبلور صودواليت في فصيلة المكعب. نظام سداسي الثماني الأوجه . البلورات نادرة. عادة كتلي أو حبيبات منتشرة. الصلادة = ٥,٥ – ٦. الوزن النوعي = ٢,١٥ – ٢,١٧. الانفصام اثنا عشر وجها معينا {٠١١}. البريق زجاجي اللون عادة أزرق. وكذلك أبيض أو رمادي أو أخضر. شفاف. درجة الانصهار = ٣,٥ – ٤. ويعطي مادة زجاجية عديمة اللون. يوجد صودواليت في صخور السيانيت النفيليني والتراكيت والفونوليت مصاحبا عادة النيفيلين وكانكرينيت وغيرهما من معادن الفلسباثويد. معادن مشابهة: هوينيت $(Na,Ca)_{4-8}(AlSiO_4)_8(SO_4)_{1-2}$ Hauynite . نوزيليت $Na_8(AlSiO_4)SO_4$ Noselite .









لازوريت (اللابيز) (NaCa)8(AlSiO4)8(SO4.S.Cl)2:)

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب. البلورات نادرة. عادة كتلي متماسك. الصلادة = ٥ – ٥,٥. الوزن النوعي = ٢,٤ – ٢,٤٥. الانفصام اثنا عشر وجها معينا {٠١١} غير كامل. البريق زجاجي. اللون أزرق عميق "كالزهرة" Azure blue ، أزرق مائل للخضر ، ونصف شفاف. درجة الانصهار = ٣,٥. ويلون اللهب بلون أصفر (صوديوم).


Lazurite


Lazurite


Lazurite



لازوريت معدن نادر ، ويوجد عادة في الصخور الجيرية المتبلورة نتيجة للتحول الحراري ، واللابيز (Lapis Lazulie) عادة عبارة عن مخلوط بين اللازوريت مع كميات بسيطة من الكالسيت والبيروكسين ، كما يحتوي عادة على جسميات منتشرة من البيريت .ويستخرج أحسن أنواع اللابيز من شمال شرق أفغانستان . كما يوجد في سيبريا والصن . يستخدم المعدن كحجر كريم.

بتاليت (Li(AlSI4O10 :

يتبلور بتاليت في فصيلة الميل الواحد ، نظام المسقوف. البلورات نادرة. يوجد عادة في هيئة كتل قد تكون منفصمة. يوجد البتاليت في صخور البجماتيت مصاحبا الكوارتز والمعادن المحتوية على الليثيوم مثل سبوديومين وليبيدوليت وتورمالين. الصلادة = ٦ – ٦,٥. الوزن النوعي = ٢,٤. انفصام قاعدي {١٠٠} كامل. المكسر محاري غير كامل. قابل للكسر. البريق زجاجي. ولؤلؤي على (١٠٠). عديم اللون أو أبيض أو رمادي. شفاف أو نصف شفاف. درجة الانصهار = ٥ ، ويلون اللهب بلون الليثيوم الأحمر.







مجموعة معادن سكابوليت:

توجد معادن سكابوليت في الصخور المتحولة ، وقوانينها الكيميائية تشبه معادن الفلسبار ، أما بناؤها الذري فيتكون من سلاسل لا نهائية من هياكل السليكات الألومونيومية المتشابكة والممتدة موازية للمحور ج. البلورات عبارة عن منشورات رباعية مستطيلة في موازاة المحور ج. والبناء مفتوح نوعا ما ويستوعب أنيونات كبيرة مثل الكلورين والكبريتات والكربونات بنفس الطريقة التي توجد بها هذه الأنيونات في معادن الفلسباثويد.

وتوجد متسلسلة كاملة من الأشكال المتشابهة بين الطرف الصودي مرياليت Marialite والطرف الكلسي ميونيت Meonite . ويمكن التعبير عن قانون مرياليت بأنه مكون من ثلاثة أوزان لقانون الألبيت (NaALSi8O8)٢ مضافا إليها وزن واحد لقانون NaCl. أما الميونيت فيتكون من ثلاثة أوزان لقانون

أنورثيت ٢٣($CaAl_2Si_2O_8$) مضافا إليها وزن واحد لقانون $CaCO_3$ أو $CaSO_4$. وتحل أيونات الكالسيوم محل الصوديوم إحلالا مطلقا ويصاحبها طبعا إحلال الألومونيوم محل السليكون لينتج التعادل الكهربائي تماما كما هو الحال في معادن البلاجيوكليز. كذلك يوجد إحلال تام بين أيونات الكربونات والكبريتات والكلورين . ويطلق على النوع المتوسط من الأسكابوليت بين الطرفين الصودي (مرياليت) والكلسي (ميونيت) اسم ويرتيريت Werterite.





سكابوليت (ميونيت) :

فصيلة الرباعي ، نظام الهرم المنعكس ، البلورات منشورية. الصلادة = ٥ – ٦. الوزن النوعي = ٢,٦٥ – ٢,٧٤. الانفصام منشوري ، يوجد كلا النوعين {١٠٠} ، {١١٠} . البريق زجاجي عندما يكون غير متحلل. اللون أبيض أو رمادي أو أخضر باهت. شفاف أو نصف شفاف.

التركيب الكيميائي: يتدرج التركيب الكيميائي بين الطرف الصودي: مرياليت (Na,Ca)4Al8(Al,Si)3Si٦O24(Cl,CO3,SO4) والطرف الكلسي: ميونيت (Ca,Na)4Al8(Al,SI)8Si6O24(Cl,CO3SO4) . درجة الانصهار = ٣. مع الانتفاخ وحدوق رغوة وتكوين مادة زجاجية.

يوجد معدن سكابوليت في صخور الشست والنيس والأمفيبوليت ، وفي حالات عديدة يحتمل تكونه نتيجة لتحلل معادن الفلسبار البلاجيوكليزية. كما يوجد المعدن بصفة مميزة في الصخور الجيرية المتبلورة المتونة بالتحول الحراري الذي يحدث نتيجة لتداخل صخور نارية. يصاحب المعدن ديوبسيد وأمفيبوليت وجارنت وأباتيت وسفين وزركون.

مجموعة معادن زيوليت Zeolites :

تضم هذه المجموعة عددا كبيرا من المعادن السليكاتية المائية ، التي تتشابه في تركيبها الكيميائي ، والمعادن المصاحبة لها ، ووجودها في الطبيعة. ومعادن الزيوليت عبارة عن سليكات الألومونيوم والصوديوم والكالسيوم بصفة أساسية وتحتوي على نسبة كبيرة من الماء . وتتراوح صلادة أفرادها من ٣,٥ – ٥,٥ بينما يتراوح الوزن النوعي من ٢,٠٠ – ٢,٤. وينصهر كثير من معادن الزيوليت بسهولة ، ويصحب ذلك انتفاخ وحدوث رغوة ،.وهذه المعادن ثانوية النشأة وتوجد بصفة مميزة في الفراغات والفقاقيع والعروق في الصخور النارية البركانية القاعدية.

تشبه معادن الزيوليت في تركيبها الكيميائية وبنائها الذري معادن الفلسبار ، إذ تتكون من سلاسل حلقية (تماثل رباعي) من رباعيات الأوجه AlO4,SiO4 وتتصل السلاسل بعضها ببعض عن طريق الكاتيونات البنيتية ، وهي الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والباريوم ، وتكون هذه السلاسل بناء مفتوحا ذات قنوات CHanedl ways يتواجد فيها الماء وغيره من الجزيئات. ويرجع اهتمامنا بمعادن الزيوليت إلى وجود هذه القنوات الفسيحة. وعندما يسخن معدن زيلوليتي فإن الماء يطرد بسهولة وباستمرار بارتفاع درجة الحرارة تاركا البناء الذري للمعدن سليمات ، وهذا لا يحدث بالمرة في المعادن المائية الأخرى ، مثل الجبس ، التي تشترك جزيئات الماء في البناء نفسه ، ويؤدي طرد الماء فيها إلى إنهيار البناء الذري للمعدن . وبعد أن يطرد الماء كله من القنوات في معدن الزيوليت ، يمكن ملئ هذه القنوات بالماء أو الأمونيا أو بخار الزئبق أو بخار اليود أو غيرها من المواد المختلفة. وهذه العملية هي عملية اختيارية. وتتوقف على نوع البناء الزيوليتي وحجم

الجزيئات التي تسمح لها بالدخول ، وعلى ذلك تستعمل معادن الزيوليت الآن كمصافي للجزئيات وفصل الأنواع المختلفة من هذه الجزيئات بعضها من بعض.

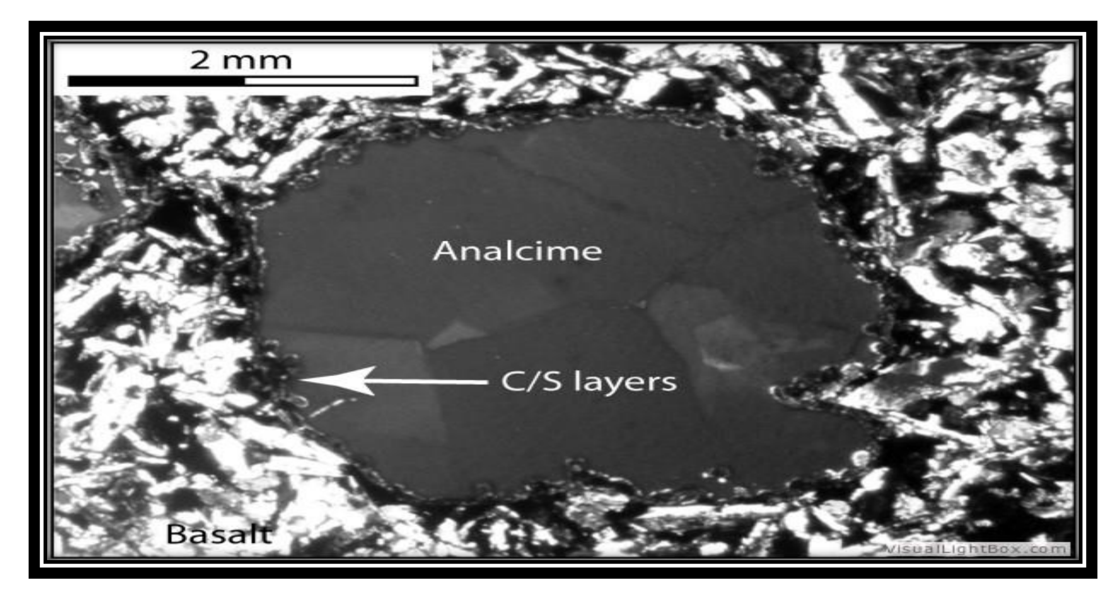
ولمعادن الزيوليت فائدة أخرى ناشئة عن بنائها. عندما يمر الماء بسهولة في القنوات الداخلية فإن الأيونات الموجودة في محلول الماء يمكن أن تستبدل مع الأيونات الموجودة في بناء المعدن ، وتعرف هذه العملية باسم "المبادلة القاعدية" أو "المبادلة الكاتيونية" ، وبهذه الطريقة أمكن استعمال معادن الزيوليت أو المركبات الصناعية ذات البناء الزيوليتي لإزالة عسر الماء. والزيوليت المتسعمل في هذه الأحوال لـه التركيب الكيميائي Na2Al2Si8O102H2O تقريبا (مثل النطروليت). ويمرر الماء العسر ، (الذي يحتوي على أيونات الكالسيوم والمحلول) في حوض ملئ بحبيبات الزبوليت ، وتحل أيونات الكالسيوم محل أيونات الصوديوم في الزبوليت مكونة مركب CaAl2Si8O102H2O وتذهب أيونات الصوديوم إلى المحلول. وعندما يتشبع الزبوليت الموجود في الحوض بالكالسيوم يمرر محلول مركز من كلوريد الصوديوم في الحوض وترغم درجة التركيز العالية لأيونات الصوديوم التفاعل أن يأخذ اتجاها عكسيا. ويستعاد تكوين المركب Na2Al2Si8O102H2O ويذهب الكالسيوم إلى المحلول.

أنالسيت "أنالسيم" Na(ALSi2O6).H2O :

يتبلور المعدن في فصيلة المكعب. نظام سداسي الثماني الأوجه . تظهر عادة أوجه شكل شبه المنحرف المكون من أربعة وعشرين وجها. يوجد عادة في هيئة بلورات وكذلك كتل حبيبية. الصلادة = ٥ – ٥,٥. الوزن النوعي = ٢,٢٧. البريق زجاجي. عديم اللون أو أبيض. شفاف أو نصف شفاف. درجة الانصهار = ٢,٥ ، ويتحول إلى مادة بيضاء ثم زجاجية شفافة يلون اللهب بلون أصفر (الصوديوم). يعطي ماء في الأنبوبة المقفولة. أنالسيت عموما معدن ثانوي النشأة يتكون تحت تأثير المياه الجارية الحارة ولذلك يوجد مترسبا في فجوات الصخور النارية البركانية. ويصاحب الكالسيت ومعادن الزيوليت الأخرى.




Analcite

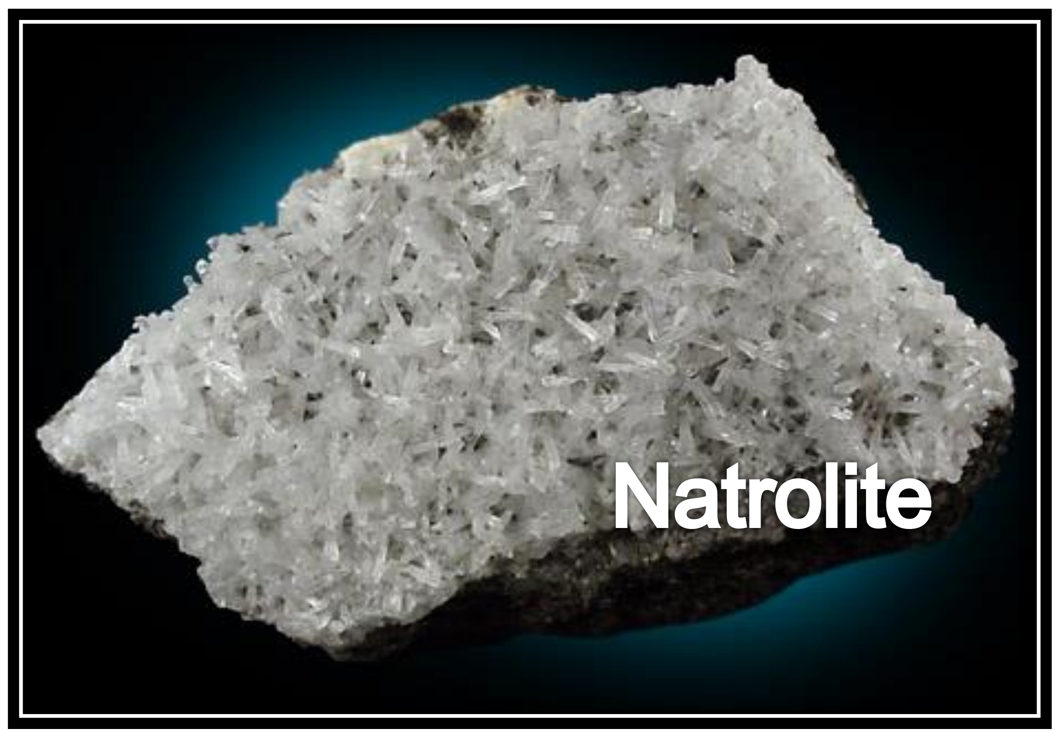

2 mm
Analcime
C/S layers
Basalt


Analcite

نطروليت $Na_2(Al_2Si_8O_{19})2H_2O$:

يتبلور المعدن في فصيلة الميل الواحد. نظام الوتد. معيني قائم كاذب. مشورات وإبر. يوجد عادة في هيئة مخروطات لبلورات إشعاعية. كذلك أليافي أو كتلي أو حبيبي او متماسك. الصلادة = ٥ – ٥,٥. الوزن النوعي = ٢,٢٥ الانفصام منشوري {٠١١} كامل. البريق زجاجي. عديم اللون أو أبيض. شفاف أو نصف شفاف. درجة الانصهار ٢,٥. ويعطي مادة زجاجية ويلون اللهب بلون أصفر (الصوديوم). نطروليت معدن ثانوي النشأة. يوجد مبطنا الفجوات في صخور البازلت ويصاحب معادن زيوليت أخرى وكالسيت.







كابازيت (Ca,Na)2(Al2Si4O12)6H2O :

فصيلة الثلاثي. أشكال معينية الأوجه. وعادة توائم متداخلة. الصلادة = ٤ – ٥. الوزن النوعي = ٢,٠٥ – ٢,١٥. الانفصام {١٠¯١١} ضعيف. اللون أبيض أو أصفر أو وردي. شفاف أو نصف شفاف. درجة الانصهار ٣. يتحلل (دون حدوث فوران) بواسطة حامض الهيدروكلوريك . كابازيت معدن ثانوي النشأة يوجد مصاحبا معادن الزيوليت الأخرى ومبطنا الفجوات في البازلت .

هيولنديت: Ca(Al2Si7O18).6H2O

الميل الواحد. ولكنها معينية قائمة كاذبة. الصلادة = ٣,٥ – ٤. الوزن النوعي = ٢,١٨ – ٢,٠٢. الانفصام كامل موازي للمسطوح الجانبي {٠١٠}. البريق زجاجي ، ولؤلؤي على سطح الانفصام. عديم اللون أو أبيض أو أصفر أو أحمر. شفاف أو نصف شفاف. درجة الانصهار ٣. هيولنديت معدن ثانوي النشأة يوجد في الفجوات في الصخور النارية البركانية القاعدية ومصاحبا لمعادن الزيوليت الأخرى والكالسيت.



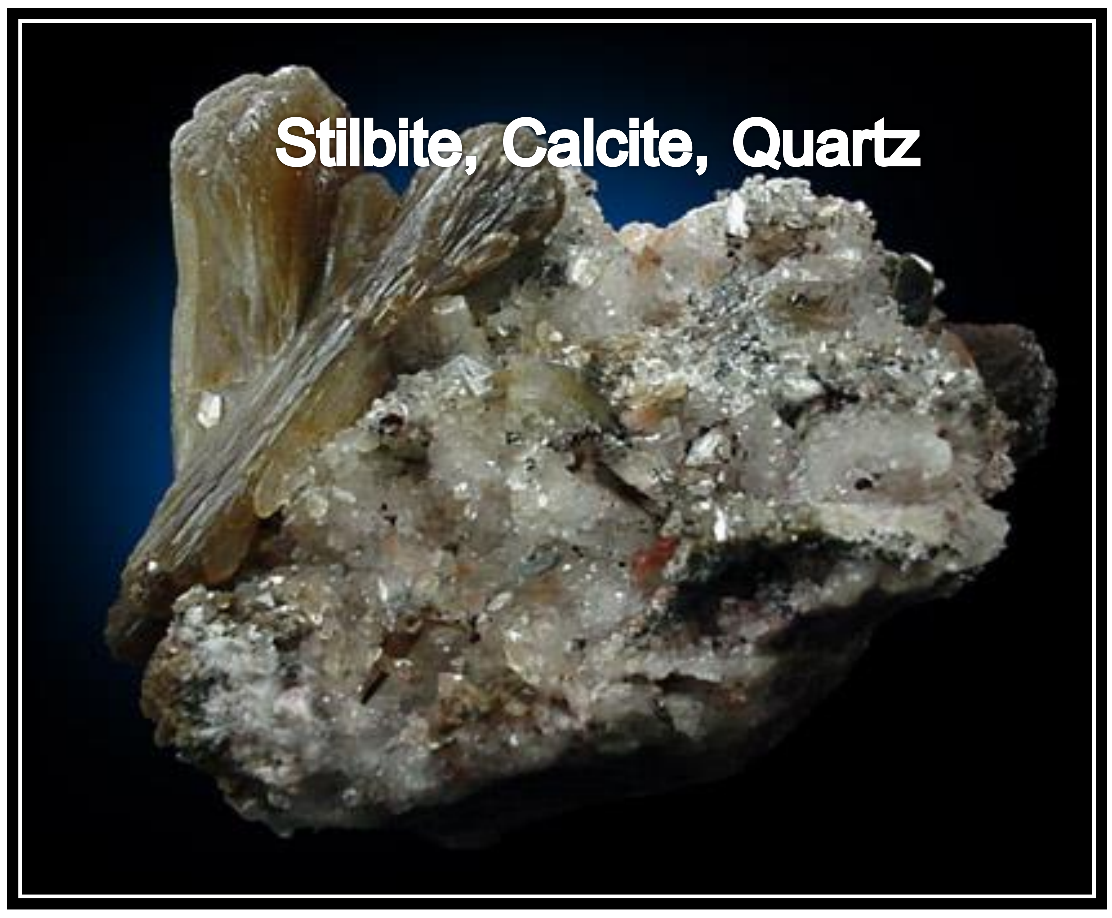




ستلبيت $Ca(AL_2Si_7O_{18})7H_2O$:

الميل الواحد. ولكنها معينية كاذبة (توائم متصالبة). البلورات موجودة في حزم . الصلادة = ٣,٥ – ٤. الوزن النوعي = ٢,١ – ٢,٢. الانفصام مسطوح جانبي {٠١٠} كامل. البريق زجاجي ولؤلؤي على سطح الانفصام. اللون أبيض . نصف شفاف. درجة الانصهار ٣. ستلبيت معدن ثانوي النشأة يوجد في الفجوات في صخور البازلت وماشابهها من الصخور البركانية.


Stilbite with Calcite


Stilbite, Calcite, Quartz

بعض الخصائص الفيزيائية للمعادن الشائعة

المكسر	الصلادة	المخدش	البريق	اللون	الثقل النوعي	الرمز	اسم المعدن		فئة المعدن
مسنن	٢,٥ـ٣	أصفر ذهبي	فلزي	أصفر ذهبي	١٩,٣	Au	Gold	ذهب	العناصر الفطرية
مسنن	٢,٥ـ٣	أحمر نحاسي	فلزي	أحمر نحاسي	٨,٩	Cu	Copper	نحاس	
مسنن	٢,٥ـ٣	أبيض فضي	فلزي	أبيض فضي	١٠,٥	Ag	Silver	فضة	
لا يوجد	١ـ٢	رمادي مسود	فلزي	أسود حديدي	٢,٢	C	Graphite	جرافايت	
محاري	٢,٥	أبيض	دهني صمغي	أصفر ليموني	٢,١	S	Sulpher	كبريت	
تحت محاري	٢,٥	رمادي	فلزي	رمادي رصاصي	٧,٦	Pbs	Galena	جالينا	الكبريتيدات
تحت محاري	٢,٥	قرمزي	ألماسي معتم	أحمر أرجواني	٨,١	Hgs	Cinnabar	سينابار	
محاري	٣,٥ـ٤	بني	صمغي	أصفر - بني	٤,٢	Zns	Sphalerite	سفالبرايت	
محاري	٢,٥ـ٣	رمادي أدكن	فلزي	رمادي رصاصي	٥,٨	Cu2S	Chalcosite	كالكوسايت	
غير مستوٍ	٦	رمادي	فلزي	فضي - رمادي	٦,١	FeAsS	Arseno Pyrite	أرسينوبايرايت	
محاري	٦,٥	أسود مخضر	فلزي	أصفر نحاسي	٥,٢	FeS	Pyrite	بايرايت	
محاري	٣,٥ـ٤	أسود مخضر	فلزي	أصفر ذهبي	٤,٢	$CuFeS_2$	Chalcopyrite	كالكوبايرايت	
-	١ـ١,٥	رمادي غامق	فلزي	رمادي رصاصي	٤,٧	MoS_2	Molybdents	موليبدنيت	
محاري	٢	أبيض	زجاجي	عديم اللون	٢,٣	$CaSO_4.2HO$	Gypsum	الجبس	الكبريتات
غير مستوٍ	٣ـ٣,٥	أبيض	زجاجي	عديم اللون	٣	$CaSO_4$	Anhydrite	الأنهيدرايت	
محاري	٣ـ٣,٥	أبيض	زجاجي	عديم	٤,٥	$BaSO_4$	Barite	بارايت	

		اللون							
-	٥	أبيض	زجاجي	أخضر بني	٣,٢	$CaSO_4$	Apatite	أباتيت	الفوسفات
محاري	٣	أبيض	زجاجي	عديم اللون	٢,٧	$CaCO_3$	Calcite	كالسايت	
تحت محاري	٤-٣,٥	أبيض	زجاجي	أبيض رمادي	٢,٩	$CaCO_3$	Arogonite	أراجونيت	
غير مستوِ	٤-٣,٥	أبيض	زجاجي	رمادي	٣,٩	$FeCO_3$	Siderite	سيدرايت	الكربونات
محاري	٤,٥-٣,٥	أبيض	زجاجي	أبيض رمادي	٣	$MgCO_3$	Magnesite	ماجنزايت	
تحت محاري	٤-٣,٥	أبيض	زجاجي لؤلئي	أبيض	٢,٩	$CaMg(CO_3)_2$	Dolomite	دولومايت	
تحت محاري	٦	بني محمر	فلزي	أسود حديدي	٥,٢	FeO_3	Hematite	هيماتايت	
تحت محاري	- ٥,٥ ٦,٥	أسود	فلزي	أسود حديدي	٥,٢	Fe_3O_4	Magnatite	ماجناتايت	
-	٥,٥-٥	بني مصفر	فلزي	بني مصفر	٤,٧	$2FeO_3.3H_2O$	Limonite	ليمونايت	
غير مستوِ	٩	أبيض	زجاجي	رمادي	٤	Al_2O_3	Corundum	كورندوم	الأكاسيد
-	٢,٥-٢	أسود	فلزي	أسود حديدي	٥,٢	MnO_2	Pyrolusite	بيرولوسايت	
غير مستوِ	٦-٥,٦	بني فاتح	ألماسي	بني محمر	٤,٥	TiO_2	Rutile	روتيل	
تحت محاري	٤	أصفر	تحت ألماسي	أحمر	٦,٧	ZnO	Zincite	زنكايت	
غير مستوِ	٥,٥	بني أدكن	تحت فلزي	أسود حديدي	٤,٨	$FeCr_2O_4$	Chromite	كرومايت	
محاري	٢,٥-٢	أبيض	زجاجي	عديم اللون	٢,٢	$NaCl$	Halite	هاليت	الهاليدات
محاري	٤	أبيض	زجاجي	عديم اللون	٣,٣	CaF_2	Fluorite	فلورايت	
محاري	٧	عديم اللون	زجاجي	عديم اللون	٢,٦	SiO_2	Quartz	المرو	السليكات
غير مستوِ	٦	عديم اللون	زجاجي لؤلئي	أبيض	٢,٦	$KalSi_3O_8$	Orthoclase	أورثوكليز	

غير مستوٍ	٦,٥-٦	عديم اللون	زجاجي لؤلئي	أبيض	٢,٦	$KalSi_2O_8$	Microcline	ميكروكلين	
غير مستوٍ	٦	عديم اللون	زجاجي	أبيض	٢,٧	$NaAlSi_3O_8$	Albite	البايت	
غير مستوٍ	٦	عديم اللون	زجاجي	أبيض	٢,٧	$CaAl_2Si2O_8$	Anorthite	أنورثايت	
مرن	٢,٥-٢	أبيض	زجاجي لؤلئي	عديم اللون	٢,٨	$Kal3Si_3O_{10}(OH)_2$	Muscovite	مسكوفايت	
مرن	٣-٢,٥	عديم اللون	زجاجي لؤلئي	أسود	٣,٢	$K(Mg, Fe)_3$ $AlSi_3)_{10}(OH)_2$	Biotite	بايوتايت	
غير مستوٍ	٦-٥,٥	أبيض	زجاجي	أبيض	٣,٣	$Si_3O_{10}(OH)_2$	Diopside	دايوبساید	
محاري	١	أبيض	لؤلئي	أبيض	٢,٨	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	Talc	تلك	

أهم المعادن و الخامات في مصر

م	الخـام	الموقـع	الإستخدامــات
١	الفوسفات	وادي النيل- أبو طرطور	صناعة الأسمدة والكيمياويات وخلافة
٢	الذهب	جبل السكرى- البرامية- حمش- أبومروات	صناعة الحلى والمجوهرات
٣	الفلسبارات	رأس العش وأبو شمام- وادي زغرة- دهب- وادي الكيد- وادي العاط - طابا-	صناعة الحراريات والسيراميك
٤	الرخام والجرانيت وأشباه الرخام	البحر الأحمر- شمال سيناء - جنوب سيناء- سوهاج - المنيا	صناعة الألواح المصقولة من الرخام والجرانيت واشباة الرخام
٥	التلك	الدرهيب- وادى العطشان- وادى جرف	صناعة بودرة التلك والخزف والسيراميك
٦	الكوارتز	أم هجليج- شرق أسوان- ادفو	صناعة سبائك الفيروسيليكون والزجاج
٧	رمال الزجاج	أبو الدرج - وادى قنا- شمال سيناء - جنوب سيناء	الزجاج والحراريات البويات والورق والمطاط والكريستال
٨	الحجر الجيري	بنى خالد - سما لوط (المنيا) - سيناء السويس- الوادي الجديد - الإسكندرية	صناعة الأسمنت ومواد البناء وكربونات الصوديوم ومادة مالئة في صناعات الورق والبلاستيك
٩	الكاولين	كلابشة أسوان- جنوب سيناء	صناعة الورق والبلاستيك والمطاط
١٠	الباريت	الجديدة وغرابى بالواحات البحرية وجبل الهوادى شرق أسوان	صناعة سوائل الحفر والخزف والحراريات
١١	البوتاسيوم	خليج السويس- الواحات البحرية	صناعة المخصبات الزراعية وكمؤكسدات
١٢	الجبس (٩٣%) CaCo3	غرب الإسكندرية- البحر الأحمر- السويس- شمال سيناء- جنوب سيناء	تشطيب المبانى وصناعة المنتجات الجبسية وفي بعض الأغراض الطبية
١٣	الحديد	شرق أسوان والواحات البحرية الحديد الشرائطى الحامل للذهب (العوينات) حديد الصحراء الشرقية	الحديد والصلب الحديد والصلب وإستخراج الذهب مكورات الحديد
١٤	النحاس	أم سميوكى جنوب غرب مرسى علم- أم سويل شرق أسوان	صناعة الإسلاك الكهربائية وصناعة السبائك المختلفة
١٥	الزنك	أم غيج بالقرب من القصير	صناعة السبائك وتكسية الحديد والفولاذ
١٦	بازلت	المنيا - السويس- شمال سيناء	رصف الطرق والسكك الحديد
١٧	الصودا آش	وادى النطرون- جبل سن	صناعة الزجاج والنسيج

		الكداب- جبل يلج	ومعالجة المياه
١٨	الـدلوميت	البحر الأحمر- السويس- شمال سيناء	الصناعات المعدنية
١٩	الفحم	المغارة وعيون موسى وبدعة وثورة بسيناء	صناعة الصلب وتوليد الكهرباء
٢٠	الملح (كلوريد الصوديوم)	شمال سيناء- الفيوم- مرسى مطروح	إنتاج الكيماويات والأصباغ والجلود
٢١	الماجنيزيت	وادي بيزح جنوب شرق مرسى علم- جبل المدرجج- أم السلاتيت	صناعة الحراريات والورق
٢٢	المنيت	أبو غلقة بالقرب من مرسى علم البحر الأحمر	صناعة البويات والورق والمطاط وهياكل الطائرات وغيرها من الصناعات الأخرى
٢٣	الفيرميكوليت	حفافيت- وادي الحمى- ادي النقع	صناعة الأسمدة الزراعية والعوازل
٢٤	المنجنيز	أم بجمة وشرم الشيخ بجنوب سيناء- علبة وعش الملاحة	صناعة الصلب والسبائك المعدنية

The Silicates	
	Amazonite is a beautiful green variety of microcline feldspar. Its chemical formula is $KAlSi_3O_8$, potassium aluminum silicate.
	Tanzanite is a variety of Zoisite. It is valued as a gem stone and has the chemical formula $Ca_2Al_3Si_3O_{12}(OH)$.
	The Mica Group is the name given to a group of silicate minerals that have **silicon** and **oxygen** as their two major components.
	Muscovite is a member of the mica mineral group. It is more important as a rock-forming mineral than as a collectible specimen.

	Biotite Biotite is a member of the mica branch of the silicate mineral group. It is common as a rock-forming mineral and is present in all three rock types: igneous, metamorphic, and sedimentary.
	Sodalite is a deep royal blue silicate. The deep color and the fact that it will take a high polish makes it popular in jewelry and other decorative items. The chemical formula is $Na_8Al_6Si_6O_{24}Cl_2$.
	Talc is a metamorphic mineral from the silicate family. Its chemical formula is hydrated magnesium silicate $H_2Mg_3(SiO_3)_4$. Talc is commonly used as talcum powder to reduce friction, promote dry skin, and prevent rashes.
The Quartz Family	
	Quartz is one of the most common of all minerals that make up the continental crust. It is found in igneous, metamorphic, and sedimentary rocks. It is associated with many valuable ore deposits as well.



Amethyst is a variety of quartz and owes its purple color to the presence of iron. It is composed of silicone dioxide SiO_2.



Agate is the name given to a group of silicates that are made up primarily of chalcedony. Chalcedony is a member of the quartz family of minerals. Like quartz chalcedony is silicone dioxide with a chemical formula of SiO_2.



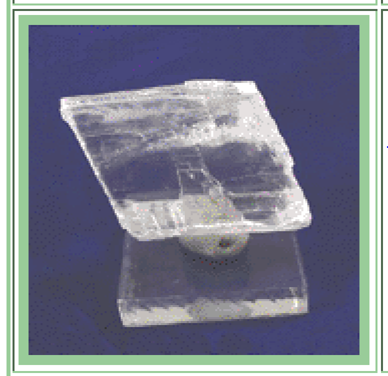
Tigers Eye is a form of quartz with some special characteristics. Like all quartz it is made up primarily of silicone dioxide, SiO_2. Within this matrix are asbestos fibers usually occurring in layers. It is the asbestos that makes Tiger eye a chatoyant gemstone.



The Sulfates



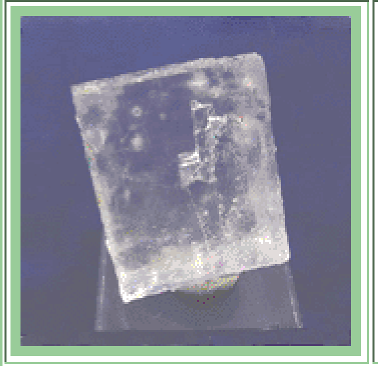
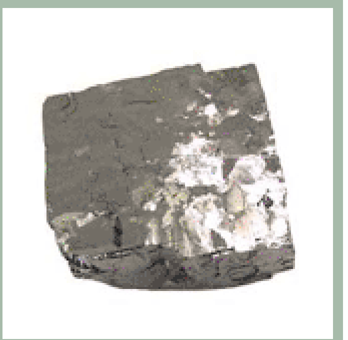
barite is a sulfate mineral with a chemical formula of $BaSO_4$, sometimes called heavy spar. Its chemical name is barium sulfate. It is the primary source of the element barium.

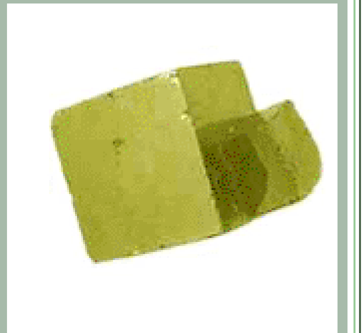
	Celestite is made up of strontium sulfate. The chemical formula is $SrSO_4$. Its name comes from Latin, caelestis meaning celestial.
	selenite Selenite is a very common chemical sedimentary mineral. Its chemical formula is Calcium Sulfate dihydrate $CaSO_4 2H_2 0$, It is a form of gypsum. It is a very soft mineral.

The carbonates

	Rhodochrosite is a manganese carbonate mineral. Its chemical composition is $MnCO_3$. In its purest form it is a transparent rose red, but this is fairly rare. It can also be formed in stalactites. This form can be sliced revealing circular layers of rose and pink to milky white. These lighter colors are formed when the manganese is replaced by calcium, manganese or zinc. The depth of color from red to pink depends on the amount of substitution.
	Azurite is a copper carbonate. The chemical formula is $Cu_3[OH\ CO_3]_2$and results from the oxidation of copper sulfides.

	Malachite is a copper carbonate with a chemical formula of $Cu_2[(OH)_2 CO_3]$. It is a vibrant green color often banded with light and dark greens.
	Calcite Calcite is a very common sedimentary mineral. It has the chemical formula $CaCO_3$ calcium carbonate. Calcite dissolves in water and so is carried along with water into cracks, fissures, and caves. It can over time build up layer upon layer to form stalactites and stalagmites in caves.
The Oxides	
	Magnetite is sometimes called lodestone. It is strongly magnetic. It was used by the ancient Chinese to make the first magnetic compasses. The chemical formula is Fe_3O_4.
	Hematite is one of the most prevalent and useful forms of iron on our planet. It is a common iron ore and is often used in jewelry and other decorative items. The chemical formula is Fe_2O_3.
The Halides	

	Halite Halite is also known as rock salt. The chemical name is sodium chloride NaCl It is called an evaporate. It forms in places where sea water has been isolated from the ocean forming a lake.
	Fluorite Fluorite is a halide that is soft and usually colorless but can be blue, purple, green, brown, or yellow. Some times several colors are present in the same crystal creating a striking affect.
The Sulfides	
	Galena has been mined for lead and silver since the time of the Romans. It is a form of lead sulfide. The chemical formula is PbS. It is the most important source of lead and is abundant and widespread in occurance.
	Stibnite Stibnite is a sulfide found in low temperature hydrothermal veins and hot springs deposits. It is prized by collectors for the long slender bladed crystals. These can occur in clumps with many orthorhombic crystals radiating in all directions. It is very soft only a 2 on the Mohs hardness scale.



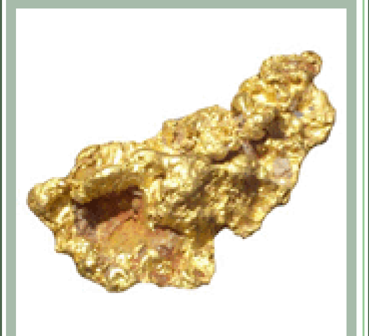
Pyrite sometimes called iron pyrite is a compound of iron and sulfur, iron sulfide FeS_2. Depending upon the conditions under which it forms pyrite can form crystals of different shapes.

Phosphates



Apatite is the name given to a group of phosphate minerals that are widely distributed in all rock types, usually in tiny crystals spread throughout the host rock. It is usually green in color.

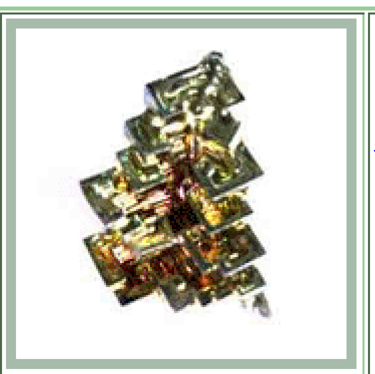
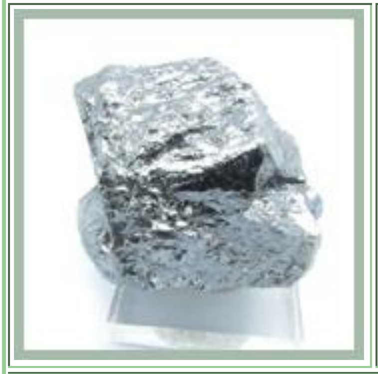
The Elements



Gold is a soft metallic element. Its symbol is Au. It is very dense. As one of the noble metals it is resistant to corrosion and oxidation in moist air.



Copper is a soft metallic element. Its symbol is Cu. Native copper is rare because it has been mined for centuries. Today it is used for making wire, tubing, and coins to name a few. Long ago it was combined with tin to create bronze.

	Bismuth Crystals Bismuth in its elemental form is a rare occurance in nature, even more so for bismuth crystals. Lab grown crystals are popular because of their intricate shapes and dazzaling colors.
	Silicon Silicon is a metallic element used to make computer chips and other electronic equipment. Although it is the second most abundant element in the world it was not discovered until 1824.
The Mineraloids	
	Mineraloid is the term used for those substances that do not fit neatly into one of these eight classes. Opal, jet, amber, and mother of pearl all belong to the mineraloids.

الفصل العاشر

أـ المعادن في الصناعة

يرجع استغلال الثروات المعدنية إلى آلاف من السنين مضت. ومنذ ذلك الزمن البعيد والمعادن تسهم بنصيب وافر في بناء حضارة الانسان.

في العصر الحجري القديم استغل الانسان الأول مواد غير فلزية هي الصوان والكوارتز (المرو) وأحجار صلدة وأخرى رخوة ، وذلك لعمل أسلحته وأدواته وفي أغراض النقش. ولقد استعمل الطين إلى درجة كبيرة في أول الأمر في صناعة الفخار ، ثم تلى ذلك استخدامه في صناعة الطوب. ومما لا شك فيه أن صناعة الطوب تعتبر أو صناعة معدنية قام بها الإنسان القديم ، ولقد ظلت هذه الصناعة باقية على نظام واسع حتى وقتنا هذا. لقد تم اكتشاف أدوات فخارية يرجع تاريخها إلى أكثر من عشرة آلاف سنة وتمتد إلى ثلاثين سنة قبل الميلاد ، لقد استعمل البابليون والمصريون القدماء ألواح الطين والطوب بكميات كبيرة في بناء مدنهم ، وفي الري ، وفي مواد الكتابة ، وبعد ذلك استخدمت أحجار البناء على نطاق كبير. ويعتبر بناء الأهرامات أكبر شاهد إثبات على هذه الصناعة المعدنية الضخمة التي قامت في تلك الأزمنة. يدل ذلك أن الهرم الأكبر يضم مليونين وثلاثمائة ألف قطعة مكعبة الشكل تقريبا من الحجر الجيري ، تزن الواحدة منها ٢,٥ طن في المتوسط. ولقد استخدم الانسان في العصر الحجري القديم في الفترة التي سبقت ٧٠٠٠سنة قبل الميلاد ثلاثة عشر نوعا من المواد المعدنية نذكر منها الكوارتز بأنواعه والبيريت والكالسيت والكهرمان والتلك وذلك بالاضافة إلى البويات المعدنية والفلزات المختلفة.

أما في العصر الحجري الحديث فقد تعرف الانسام على الذهب والنحاس والفيروز وغيرها من المعادن. ولقد وصلت صناعة الأحجار الكريمة واستخراجها عند قدماء المصريين والبابليين والأشوريين والهنود درجة عالية. وترجع الرغبة في إقتناء الأحجار الكريمة إلى الإعجاب بألوانها وروعتها التي تأخذ النفوس وألوانها الجذابة ، فاستخدموا الفيروز (ذول اللون الأزرق المشوب بخضرة جميلة) ، الأميشت (ذو اللون البنفسجي) ، والزمرد (ذو اللون الأخضر) ، والملاكيت ، والكارنيليان (الأحمر) والأجيت والكالسيدوني والجارنت. ولقد كان القدماء يصنعون لهذه الأحجار أوجها مصقولة. أو يشكلونها على هيئة كرات أو أشكال بيضاوية ، استخدموها في عقودهم وحليهم .

إن أقدم مناجم استغلت في مصر كانت منذ حوالي ٢٠٠٠ ق.م. حين أرسل الفراعنة البعثات المكونة من المهندسين والمستكشفين إلى شبه جزيرة سيناء حيث استغلوا معدن الفيروز ومعادن النحاس حيث يوجد بقايا أقدم فرن لصهر النحاس في العالم. كانت طريقة صهر النحاس بدائية نسبيا. فقد كانت تخلط قطع الملاكيت (كربونات النحاس المائية) بالأخشاب أو بالفحم النباتي وتوضع في حفرة قليلة العمق ، ويحرق هذا الخليط

بمساعدة أنابيب نفخ الهواء (البوري). ولقد كانت الآلات النحاسية التي صنعت من هذا النحاس الفضل في تطور آلات استخراج المعادن وفي دقة صناعة الأواني الحجرية.

ذهب القدماء أيضا إلى الصحراء الشرقية حيث حفروا الأرض بمئات الثقوب والأنفاق بحثا عن الزمرد. ويقال أن هذه الانشائات المنجمية وصلت إلى عمق يقرب من ٣٠٠ مترا. ويعتقد أن الذهب استعمل قبل النحاس. ولقد استخدم قدماء المصريين رحى يدوية مصنوعة من صخور الديوريت الصلد لطحن صخور الكوارتز الحاوية على الذهب ثم استخلصوا الذهب بغسل الطحين في أواني ملائ بالماء فيرسب فتات الذهب (لثقله) إلى القاع وتبقى المواد الترابية عالقة في الماء بعض الوقت.

ازدادت معرفة الانسان بالمعادن والصخور واستخدامه لها على مر السنين ، وامكن إستخلاص الفلزات منها. وانتقل الانسان من عصر النحاس والبرونز إلى عصر الحديد والفحم والبترول وحاليا عصر اليورانيوم (الانشطار النووي) ثم عصر السليكون (أشباه الموصلات وصناعة الآلات الحاسبة).

وقديما كانت المعادن الثمينة والاحجار الكريمة تحتل مكان الصدارة ، ولكن منذ اختراع الإنسان الآلات ، انتقلت أهمية المعادن إلى معادن الحديد والنحاس والرصاص والزنك والماس (النوع المستخدم في الصناعة) واليورانيوم والسليكون. ولقد بلغ من اعتماد مدنية الإنسان على المعادن ما تشير به الاحصائيات من تضاعف إنتاج المعادن في النصف الأول من القرن الحالي (العشرين) عن كل ما أنتج من معادن قبل ذلك ثم تضاعف الانتاج مرة أخرى في السنوات الخمس وعشرين الأخيرة (الربع الثالث من القرن العشرين).

ومن هذا نرى الأهمية القصوى للمعادن في بناء مدنية الإنسان ودعم اقتصادياته. اننا نلاحظ أن جميع المواد غير العضوية التي تتداول في التجارة إما أن تكون معادن أو موادا أصلها معادن.

المعادن والصخور الصناعية:

هي أي معدن أو صخر يتواجد في الطبيعة ذو قيمة اقتصادية باستثناء الخامات الفلزية ومعادن الطاقة (الفحم، الغاز، والزيت)، والأحجار الكريمة، ويشار للمعادن والصخور الصناعية بأنها لا فلزية، ومن سمات المعادن والصخور الصناعية التنوع من حيث طبيعتها وأصلها، وتواجدها وخصائصها، وكذلك تطبيقاتها الصناعية، والكميات المنتجة منها، وقيمتها التسويقية. وهناك معادن فلزية كالبوكسايت والكرومات والالمنيت يتم تصنيفها على أنها معادن صناعية نظراً لاستخدامها في الصناعة كمواد مقاومة للصهر، ويستعمل الالمنيت بشكل رئيسي في صناعة الدهانات.

تواجدها في الطبيعة:

تتواجد المعادن والصخورِ الصناعية في كل من الصخور النارية والمتحولة والرسوبية ورواسب الأودية.



منكشف لخام الجبس

تصنيف المعادن والصخور الصناعية

يمكن تصنيف المعادن والصخور الصناعية بناء على الاستخدام إلى ثمانية أصناف:

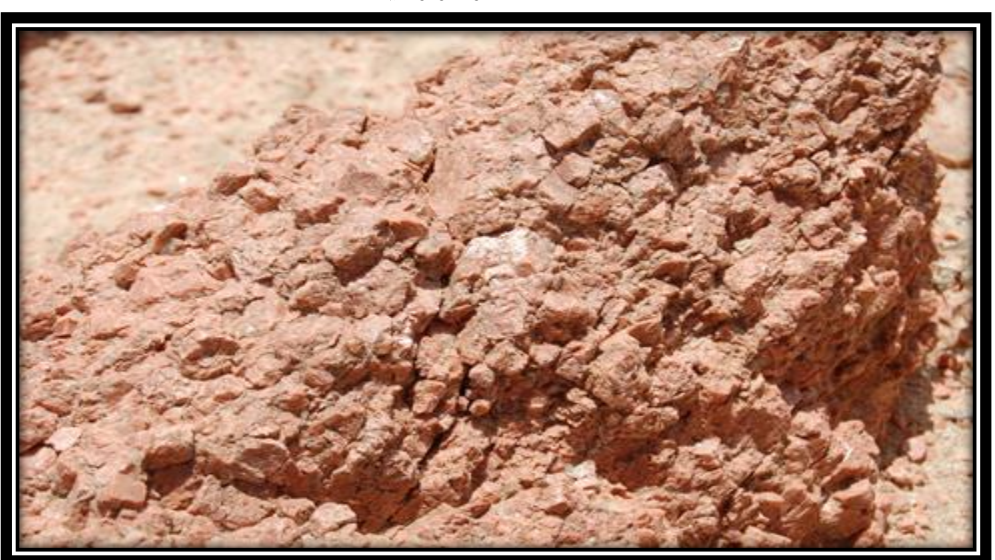
١. مواد البناء: تشمل الرمل والحصى، والطين، وأحجار الزينة (الجرانيت، والرخام، والحجر الجيري الكتلي، والحجر الرملي الكتلي، والسربنتين، والجابرو، والبازلت).

٢. مواد صناعة السيراميك: تعتمد أساساً على الصلصال الكاؤولينيتي، والسيليكا، والفلسبار، والحجر الجيري، والدولومايت، والبوكسايت.

٣. مواد صناعة الحراريات: تشمل المغنازيت، والجرافيت، والبوكسايت، والطين، والسيليكا والدولومايت.

٤. مواد الصنفرة (القشط): تشمل الجارنت، ورمال السيليكا، و الكالسيدوني (العقيق)، والكوارتز، و الشيرت، و الاوليفين، و الحجر الرملي، و الكوارتزايت، والكورندوم، و الألماس.

٥. مواد صناعة البصريات والزجاج: تعتمد أساساً على رمال السيليكا عالية النقاوة، ورماد الصودا، والحجر الجيري، والدولومايت، والفلسبار، والجبس.
٦. مواد امتصاص السوائل: مثل الاتبلوجايت، والدياتومايت، والبنتونيت.
٧. مواد صناعة مواد الحشو: تعتمد أساساً على الاسبيستوس، والبنتونيت، والجبس، والطين الكاؤولينيتي، والحجر الجيري والفيرمكيولي.
٨. مواد حفر آبار البترول: البارايت، وأتبلوجايت، والبنتونيت، والاسبيستوس، والحجر الجيري، والدولومايت.



عرق بجماتيت به خام الفلسبار

الأهمية الاقتصادية للمعادن والصخور الصناعية:

تكمن الأهمية الاقتصادية لخامات المعادن والصخور الصناعية أساساً على مدى توفر الخامة في السوق، وحجم الطلب عليها، وموقع السوق، وتكاليف النقل للأسواق، والخصائص الفيزيائية والكيميائية للخامة بالإضافة إلى درجة المعالجة التي تحتاجها للاستخدام النهائي.



منكشف لرمال السيليكا عالية النقاوة

يمكن تصنيف الصناعات التي تستخدم المعادن إلى الأقسام التالية:

١ـ صناعة الفلزات.
٢ـ صناعة أشباه الموصلات.
٣ـ صناعة الخزف.
٤ – صناعة مواد الصنفرة.
٥ـ صناعة الأحجار الكريمة.
٦ـ صناعة مواد البناء.
٧ـ صناعة الحراريات.
٨ـ صناعة الكيماويات.

١ـ صناعة الفلزات :

صناعة الفلزات الحديدية:

يأتي الحديد على قمة ما يعرف باسم الفلزات الحديدية والتي تضم بالإضافة إلى الحديد فلزات المنجنيز والكروميوم والتيتانيوم والنيكل والكوبالت والتنجستن والمولبندنوم ، بينما يأتي النحاس على قمة الفلزات غير الحديدية والزئبق ولأنتيمون. أما بقية الفلزات فتضمها مجموعات الفلزات الثمينة (الذهب والفضة والبلاتين) ، والفلزات الخفيفة (البيرليوم والليثيوم والروبيدويم والسيزيوم والمغنسيوم) ، والفلزات النادرة (الزركونيوم والتانتلوم والنيوبيوم) ، ثم الفلزات المشعة (اليورانيوم والثوريوم) .

الحديد: يعتبر الحديد بدون منازع العمود الفقري لقوة الدولة العسكرية والاقتصادية (وأنزلنا الحديد فيه بأس شديد ومنافع للناس). ويتم انتاج الحديد من خاماته المعدنية على مراحل أربع:
الحديد الغفل ، الحديد الزهر ، الحديد المطاوع ، الصلب ، لكل مرحلة نوعها الخاص من الأفران والمحولات. ويعتبر الهيماتيت والجوثيت (الليمونيت) والماجنتيت أهم المعادن المكونة لخامات الحديد. ويعتبر الكبريت والفوسفور والزرنيخ شواب ضارة غير مرغوب في تواجدها في الخام ، بينما يعتبر النيكل والكروميوم والتيتانيوم والموبلدنوم والفانديوم عناصر مرغوب فيها تواجدها في الخام. وتدخل الفلزات الحديدية التالية في صناعة أنواع متميزة من سبائك الصلب تستعمل في أغراض معينة تبعا لخواصها من مقاومة الصدأ إلى مقاومة الانصهار إلى الصلادة العالية جدا.

المنجنيز: يستخدم معادن البيرولوست ، والمانجانيت والبسيولوميلين في صناعة قضبان السكك الحديدية والمنشأت الحديدية والصلب على المنجنيز الذي يستخدم في الكسارات وعمليات وتجهيزات المناجم التي تحتاج أدواتها إلى صمود للتآكل وتحمل لضغوط.

الكروميوم: يستخدم الكروميوم في صناعة السبائك (٤٠% من إنتاج العالم من الكروميت) وفي صناعة الحراريات (٤٥%) وفي الصناعات الكيميائية (١٥%) . تتميز سبائك الكروميوم باكتسابها صلادة القابلية للطرق ولاسحب ومقاومة التأكل والمقاومة العالية للكهرباء ومقاومة الصدأ. ويستخلص الكروميوم من معدن الخام المعروف باسم كروميت.

النيكل: تتنوع استخدامات النيكل في الصناعة لدرجة تجعل هذا الفلز ذو أهمية كبيرة. يستخدم النيكل في إنتاج (١) السبائك الحديدية المستخدمة في الصلب الذي لا يصدأ والصلب ذو المقاومة العالية والقابلية للسحب والطرق وكلها أنواع تستخدم في صناعة السيارات والطائرات وقضبان السكك الحديدية والطوحين ومعدات المناجم. (٢) أما السبائك غير الحديدية فيخلط النيكل بالنحاس والزنك لتستخدم في أغراض الزينة ، بينما يستخدم برونز النيكل في الهندسة البحرية. (٣) أما النيكل النقي فيستخدم في الطلاء بالنيكل.

التيتانيوم: كانت استخدامات التيتانيوم حتى عام ١٩٥٠ محدودة جدا ، وربما كان الاستعمال الوحيد حتى ذلك الوقت هو في صناعة طلاء (بوية) اللاكيه الأبيض ذو قوة الحجب المتميز من أكسيد التيتانيوم والذي يتميز عن الطلاءات الأخرى البيضاء التي يدخل في صناعتها الرصاص والزنك. يعتبر أهم استخدام للتيتانيوم في الوقت الحاضر هو في صناعة محركات الطائرات النفاثة والصواريخ وخزانات الوقود حيث لا تحدث شروخ في هذه الخزانات المصنوعة من سبائك التيتانيوم من معدني الألمنينيت والروتيل .

الكوبالت: يستخدم الكوبالت حاليا في صناعة سبائك الكوبالت المتنوعة وأهمها سبيكة الكوبالت (الحديدية وغير الحديدية) المستخدمة في صناعة المغناطيسات الدائمة والقادرة على رفع حمولات كبيرة تصل إلى ٦٠ ضعف وزن المغناطيس المستخدم.

التنجستن المولبدنوم: ولو أن معرفتنا بالتنجستن تعود إلى استخدامنا له من وقت طويل في صناعة فتيلة المصابيح الكهربائية التي تضئ لنا في البيوت إلا أن هذه الصناعة لا تستهلك أكثر من ٢% من إنتاج العالم من خام التنجستن ، أما ٩٥% من إنتاجه فيستهلك في صناعة الصلب. كذلك يستخدم المولبدنوم في صناعة الصلب. ويتميز صلب التنجستن وصلب المولبدنوم بكفاءة عالية في قطع الأشياء (فلزات وغير فلزات) حتى ولو كانت هذه العملية تتم عند درجة حرارة عالية دون أن تفقد الآلات المصنوعة منها فاعليتها (تقطع هذه الآلات الصلب العادي كما لو كنا نقطع قطعة من الجبن بسكين). كما تستخدم سبائك التنجستن والمولبدنوم في صناعة المكابس الثقيلة . الولوفراميت خامت التنجستن ، أما المولبدنوم فهو خام المولبدنوم.

صناعة الفلزات غير الحديدية:

النحاس: يحتمل أن يكون النحاس أول فلز استخدمه الانسان في العصر الحجري الحديث (عصر النحاس وعصر البرونز). تعزى الأهمية الاستراتيجية للنحاس إلى مقدرته الفائقة على توصيل الكهرباء حيث تستخدم كميات ضخمة من النحاس في الصناعات الكهربائية وسبائك النحاس. سبائك النحاس كثيرة نذكر منها البرونز (٨٠ – ٨٨% نحاس والباقي قصدير) والنحاس الأصفر (سبيكة من النحاس والزنك) والفضة الألمانية (سبيكة من النحاس والزنك والنيكل) والكوميت (سبيكة من النحاس والألومونيوم والحديد). يحصل العالم على النحاس الذي يستخلصه من خاماته وأهم المعادن المكونة لهذه الخامات الكالكوبيريت والكالكوسيت وبعض المعادن الكبريتيدية والكربوناتية والكلوريدية المتأكسدة .

الرصاص والزنك: يستخدم الرصاص في التكنولوجيا الذرية والنووية حيث تصنع منه ألواح الرصاص وتغليف الكابلات وسبائك متعددة ، ودروع الوقاية من الأشعة السينية وأحرف الطباعة والبطاريات الكهربائية في وسائل النقل. أما الزنك فيستخدم في عمليات الجلفنة (أي تغطية ألواح الحديد بغشاء رقيق من فلز الزنك تمنع الحديد من الصدأ) . كما يستخدم الزنك في صناعة سبائك كثيرة ، وكذلك في صناعة المواسير والألواح وفي الصناعات الكيميائية. يرجع الجمع بين الرصاص والزنك في عنوان واحد إلى تواجد الفلزين عادة مع بعضهما البعض في الطبيعة في رواسب معقدة من الخامات تحتوي أيضا على فلزات الفضة والكادميوم والنحاس والذهب والقصدير والكوبالت وغيرها من العناصر الشحيحة بتركيزات متفاوتة. ولكن هناك أيضا رواسب منفصلة لكل من خامات الرصاص والزنك.

يحصل العالم على الرصاص من معادن خامات الرصاص وأهمها الجالينا ويكثر وجود الفضة في هذا المعدن بكميات تجعل إنتاجها كفلز جانبي عملا مربحا ، ولا نبالغ إذا قلنا أن معظم الفضة التي يحصل عليها العالم تأتي من خامات الرصاص. ويعتبر معدن السفاليريت أهم معادن خامات الزنك .

القصدير: ترجع أهمية القصدير في الوقت الحاضر إلى استخدامته في صناعة البرونز وسبائك القصدير المختلفة ومنها ما هو قابل للصهر بعد الاستعمال الأول ليستخدم مرة أخرى ومواد اللحام والطلاء الكهربائي

في صناعة الصفيح الذي يستخدم في صناعة حاويات المأكولات والمشروبات المحفوظة. يعتبر الكاستريت أهم معادن خامات القصدير .

الألومونيوم: يجد الألومونيوم في الوقت الحاضر استخدامات كثيرة تعزى إلى انخفاض وزنه النوعي (٢,٧ – فلز خفيف) ، قوته الميكانيكية ، مقاومته للتأكسد ، وتوصيله الجيد للكهرباء. لذلك يستخدم في صناعة الطائرات والسيارات والهندسة الكهربائية (خطوط نقل القوى الكهربائية) ، القضبان الحديدية ، الانشاءات الميكانيكية وغيرها. وتصل سبائك الألومونيوم إلى قوة الصلب بينما تزن فقط ثلث وزنه ويحصل العالم على الألومونيوم من خاماته المختلفة وأهما البوكسيت وقدر الإنتاج العالمي السنوي منها ما يقرب من ثلاثين مليون طن تأتي من دول عديدة.

الزئبق: يستخدم الزئبق في استخلاص الذهب بطريقة الملغم في عمليات المناجم ، في المفرقعات ، استخلاص الفلزات غير الحديدية من خاماتها الفقيرة بطريقة المعالجة الفلزية المائية ، كعامل محفز ، في الهندسة الكهربائية وفي العديد من أجهزة القياس والتحكم الدقيقة ، في مصابيح الكوارتز ، مكثفات التيار ، مضخات التفريغ والمركبات الكيميائية المستخدمة في الأدوية والكيماويات وكثر غيرها. ويستخدم ثلث الانتاج العالمي على هيئة فلز الزئبق. يعتبر السنبار أهم معادن الزئبق .

الأنتيمون: يستخدم الأنتيمون بصفة أساسية في اكساب مختلف سبائك الرصاص صلادة لها. هذا بالإضافة إلى استخدام الأنتيمون في صناعة الثقاب وفلكنة المطاط وصناعة البويات والأدوية وخلافها. يأتي الأنتيمون من معدن ستيبنيت .

صناعة الفلزات الثمينة:

الذهب والفضة والبلاتين: يستخدم الجزء الأكبر من الذهب كاحتياطي الذهب للعملات الورقية المتداولة في دول العالم ، ويأخذ هذا الاحتياطي شكل العملات الذهبية وسبائك الذهب والتي تحفظها الحكومات المعنية في خزائن تحت حراسة مكثفة. ويبلغ الذهب المخزون لهذا الغرض حوالي ثلاثين ألف طن ، بينما يتراوح الذهب المتداول في المصنوعات والمجوهرات ما بين ١٥ ، ٢٥ ألف طن. ويكتسب الذهب المستخدم في الحلي صلادة أعلى بخلطه بالنحاس والفضة والبلادسيوم أو النيكل. وللذهب عيار ينفرد به وهو ٢٤ ، ٢١ ، ١٨ ، ١٢ قيراط عندما يكون نقيا أو به ٣ أو ٦ أو ١٢ جزءا من فلز آخر على الترتيب ويستخرج الذهب من خام الذهب الذي هو عبارة عن معدن الذهب الفطري المنبث في عروق المرو الحاملة له أو غيرها من الصخور. وكانت الفضة دائما تخلط بالنحاس لتكتسب السبيكة صلادة وقوة تحمل. وأهم معادن خام الفضة هو الأرجنيت. يستخدم البلاتين في صناعة الحلي وأغراض الأسنان والسبائك الكهربائية والصناعات الكيميائية. وتمتاز كل فلزات مجموعة البلاتين بثقلها (يعتبر البلاتين والأريديوم والأزميوم أثقل ثلاثة فلزات معروفة وعدم تأثرها بالأحماض ودرجات الإنصهار العالية ومقاومتها للحرارة والتأكسد. نحصل على البلاتين من المعدن الفطري ومن معدن سبيريلايت .

صناعة الفلزات النادرة:

الزركونيوم: يعتبر الزركونيوم من أحسن الفلزات المستخدمة في صناعة أرقى أنواع الصلب والدروع والآلات السريعة والمحركات النفاقة والمصابيح الكهربائية وغيرها. يحصل على الزركونيوم باستخلاصه من معدن الزركون الذي يوجد بوفرة في الرمال السوداء.

التنتالوم والثيوبيوم: توجد هذه الفلزات معا في الطبيعة في معدني متسلسلة الكولومبيت – التنتاليت. يستخدم الفلزان في أغراض شتى مثل صناعة الأنواع الراقية من الصلب والسبائك غير الحديدية والأقطاب الكهربائية في مصابيح التفريغ وفي صناعة "ريش" التوربينات ولاصواريخ والأجهزة الكيميائية (التي لا تتأثر بالمواد الكيميائية) . وتصل صلادة كربيد التنتالوم وكربيد الثيوبيوم إلى مثل صلادة الألماس. يستعمل فلز التنتالوم في الأغراض الجراحية لاصلاح بعض الأجزاء العظمية في الانسان.

صناعة الفلزات المشعة:

كان اليورانيوم يستخدم في إمداد العالم بفلز الراديوم الذي لم يكن يحتاج إلى إلى ١٠٠ جم منه (تكافئ ١٥٠ طن من أكسيد اليورانيوم تقريبا). وما إن تم اكتشاف خاصية الانشطار النووي عام ١٩٣٩ (انفجار ذرات اليورانيوم) حتى كان ذلك إيذانا بإمكانية إطلاق "مارد" الطاقة الذرية من عقاله. وتستخدم الطاقة الذرية الآن في الأغراض الحربية المدمرة وفي الأغراض المدينة ولو أنه في كلتا الحالتين تبقى مشكلة التخلص من النفايات الذرية المشعة والملوثة لبيئة الإنسان. يحصل العالم على اليورانيوم من معادن كثيرة حاملة للفلز أهمها أكسيد اليورانيوم المعروف باسم يورانينيت وبتشبلند. يستخدم الثوريوم كمصدر للطاقة النووية أيضا. كما يستخدم كمحفز في تكريرالنفط وفي صناعة فتائل المصابيح الكهربائية وفي عديد من السبائك. ويعتبر المونازيت أهم مصدر للثوريوم .

٢ـ صناعة أشباه الموصلات :

انتشرت أجهزة الاستقبال (الراديوم) التي استبدلت فيها الصمامات الكهربائية التقليدية (الحرارية الأيونية) بما يعرف باسم الترانزستور كما انتشرت الآلات الحاسبة الاليكترونية (كومبيوتر) وامتد إستخدامها من عمليات الحساب العادية إلى العمليات المعقدة التي تتحكم في توجيه الأقمار الصناعية ونزول رجال الفضاء على القمر. يرجع الفضل في ذلك كله إلى عنصرين من عناصر الأرض أحدهما السليكون والآخر الجرمانيوم ، الأول من الفلزات الشائعة أو قل أنه أكثرها شيوعا في تركيب مادة الأرض ، أما الآخر (الجرمانيوم) فهو قليل الانتشار أو قل نادر الانتشار. أن هذه العنصرين يتميزان بميزة طبيعية تعرف بخاصية شبه التوصيل للتيار الكهربائي. أن الفلزات المعروفة من نحاس وألومونيوم وغيرهما هي موصلات لأنها توصل التيار عند درجات الحرارة العادية فإذا سخن النحاس أو الألومونيوم فإن توصيله للكهرباء يقل. أما أشباه الموصلات فإنها لا توصل التيار الكهربائية عند درجات الحرارة العادية فإذا سخنت فإنها تصبح جيدة التوصل للكهرباء. من

السليكون والجرمانيوم بعد معالجتها بلوريا (بلورات) وكيميائيا (حقنها بالفسفور والألومونيوم وغيرهما) تصنع أجهزة إليكترونية متعددة نذكر منها:

١- الترانزستور المستخدم في أجهزة الراديو والاستقبال والتحكم.
٢- عاكسات التيار لإمداد القاطرات الكهربائية "والأوناش" والطلاء بالكهرباء وشحن البطاريات بالتيار الكهربائي المستمر (دي.سي).
٣- الآلات الحاسبة الإلكترونية.
٤- الثيرميزتور المستخدم في أجهزة القياس الدقيق لدرجات الحرارة.
٥- أغراض التبريد والتجميد.
٦- أجهزة الكشف عن الأشعة دون الحمراء والطاقة الحرارية المتولدة عنها.
٧- الخلايا الضوئية لقياس الكميات الضئيلة من الضوء والكشف عنها.
٨- إضاءة الفلورسنت وشاشات التلفزيون والتصوير.
٩- صناعات الليزر والضوءالمكثف.

٣- صناعة الخزف :

تعتبر صناعة الخزف كثيرا من المعادن الشائعة والصخور وتتنوع المنتجات من الخزف إلى الصيني إلى الفخار وغيرها من المنتجات الخزفية. تحتاج هذه الصناعة إلى الطين (الصلصال) والفلسبار والكوارتز. أما الطين فأجود أنواعه هو الكاولين الذي ييتكون من معدن الكاولين بصفة اساسية. وللطينات صفات تتوقف على الشوائب الموجودة بها والتي تؤثر على نوع الخزف والفخار المطلوب ، فقد تكون الطينة لدنة إذا كثر بها السليكا الغروية ، بينما يؤدي وجود أكاسيد الحديد والفلسبار إلى خفض درجة الانصهار للطينة وإلى تلون الطينة إذا كثر بها الحديد. وفي الطينة البيضاء يجب ألا تزيد نسبة الحديد عن واحد بالمائة. وبينما تساعد أكاسيد الجيرو المغنيوم والقلويات على تخفيض درجة الانصهار إلا أنها تضر بالعجينة الخزفية حيث تسبب تكوين ما يشبه الكرات من الجير الحي فيها. وبالإضافة إلى الفلسبار والكاولين التي تنتجها كثير من الدول فإن هناك أنواعا خاصة من الخزف يدخل في صناعتها معادن البوكسيت والسليمينايت واليوراكس والماجنيزيت والفلوريت والباريت والزركون وغيرها.

٤ – صناعة مواد الصنفرة :

تتميز المعادن المتسخدمة في أغراض الصنفرة بصلادة عالية ولو أنه في السنوات الأخيرة تم تصنيع كثير من المواد الكيميائية عالية الصلادة إلا أن الألماس هو أصلد المواد والمعادن المعروفة وأعلى مواد الصنفرة درجة. يعتبر الألماس والكورندوم وخليط الكورانودم والمجنيتيات الطبيعية المعروف باسم أميري والجارنت أفضل مواد الصنفرة نوعا ودرجة. بينما تستخدم صخور الحجر الرملي والجريت والحجر الخفاف والصخر الدياتومي (تريبوليت) على نطاق واسع كواد صنفرة. وتستخدم معادن وصخور الصنفرة على طبيعتها أو بعد تشكيلها على هيئة أحجار الصنفرة أو مطحونة على هيئة مسحوق أو في أحجار مختلفة. وقد أمكن تصنيع مركبات كيميائية مثل كربيد البورون وكربيد السليكون وهو ذو صلادة عالية وكذلك الكورانـدوم الصناعي. وتعتبر صناعة السيارات أكبر مستهلك لمواد السنفرة يليها صناعة الطائرات وكثير من الصناعات الفلزية من أجل الصقل والتشطيب.

٥ـ صناعة الأحجار الكريمة :

تستخدم المعادن في صناعة الأحجار الكريمة إذا توفرت فيها صفات خمس: ١ – الجمال والرونق ، ٢– التحمل (عدم التآكل) ، ٣– الندرة ، ٤ – الذوق ، ٥– سهولة الحمل . وقد دخل سوق الأحجار الكريمة الطبيعية أحجار صناعية أو تشكيل للأحجار الكريمة الطبيعية بطرق صناعية لاكسابها خواص غير خواصها الأصلية. الأحجار الكريمة الطبيعية: الألماس والزمرد والياقوت والسفير والأوبال الثمين وهذه كلها أحجار غالية الثمن وهناك الأحجار الكريمة نصف الثمينة ومن أمثلتها التوباز والفيروز والزبرجد والزركون واليشم (جيد) والعقيق واللابيرز لازولي وحجر القمر وحجر الشمس وحجر الأمازون (هذه الثلاثة الأخيرة أنواع من معادن الفلسبار).

٦ـ صناعة مواد البناء :

تستخدم كثير من المواد المعدنية في صناعة مواد البناء . فبالإضافة إلى الصلب والحديد المستخدم في المباني هناك الأسمنت والخرسانة والطوب والمونة والعجائن المختلفة والزجاج والأسلاك وكثير غيرها كلها نحصل عليها من مواد معدنية ، سواء أكانت معادن أو صخور مشكلة أو مجهزة. يستخدم الزلط والرمل والجبس ومعادن الأصباغ والألوان والطين والمنتجات الطينية ومعادن عزل الصوت والحرارة بالإضافة إلى معادن الفلزات المستخدمة في صناعة الفلزات والتي سبق الحديث عنها. ولكل من المعادن والصخور المستخدمة في صناعة مواد البناء مواصفات خاصة لابد من تحقيقها في المواد المنتجة.

٧ـ صناعة الحراريات :

الحراريات مواد معدنية تتحمل درجات الحرارة العالية دون أن ينتابها تغير بالانصهار إذ بالتشقق أو غير ذلك ، ولذلك تستخدم في تبطين أفران صهر الفلزات فيما يعرف باسم الطوب الحراري ، كما تستخدم في تبطين الغلايات. وكثير من المواد الحرارية تتحمل درجات حرارة تتراوح بين ١٤٩٠ – ١٦٤٨ درجة مئوية. وهناك أنواع من المعادن الحرارية (مجموعة معادن سليماتيت) تحرق ليصنع منها الخزف الحراري المستخدم في صناعة شموع الإحتراق والبواثق الكهربائية وبواتق المختبرات. تستخدم معادن الزركون والكروميت والدولميت والمانجزيت والسليكا والطين في صناعة منتجات حرارية. كذلك تستخدم معادن الجرافيت والروتيل والأوليفين والتلك والفيرميكيوليت وأكاسيد الثوريوم .

حراريات صناعة الفلزات:

كلمة "حرارى" refractory هى اسم أو صفة تطلق على أو توصف بها المواد المقاومة للصهر والصامدة للحرارة. والاسم يُقصَد به المواد الخَزَفِيَّة الحرارية التى تستعصى على الصهر. والحراريات الخزفية مواد غير عضوية قد تكون وحيدة أو متعددة الأطوار فى بنيتها الدقيقة، وتستخدم فى التطبيقات الصناعية التى تحتاج إلى درجة حرارة عالية: مثل صهر ومعالجة الفلزات وتلبيد الخزفيات (أى المواد السيراميكية) وصهر الزجاج ومعالجة الهيدروكربونات والمواد الكيميائية الأخرى.

ويعتمد اختيار الحراريات المناسبة للتطبيقات المختلفة أولاً على درجة حرارة العملية الصناعية، وكيفية الوصول إلى هذه الدرجة، أى معدلات التسخين والتبريد؛ وكذلك على الطبيعة الكيميائية للمواد الجارى معالجتها؛ وكذلك على جو العملية والغازات المنبعثة منها. فطبيعة المواد المعالجَة سواء أكانت حمضية أو قاعدية تتطلب مواد حرارية ملائمة لها بحيث يقل التفاعل بينهما، فتعمر البطانة الحرارية فترة أطول. ويتطلب عادة التلامس مع المواد السائلة الأكَّالة (شرهة للتفاعل مع الحراريات) مواد حرارية ذات أعلى كثافة ممكنة، وتركيبات كيميائية متوافقة بحيث يقل التفاعل مع شحنة الفرن. إلا أنه توجد أساليب حديثة فى تصميم الحراريات، يُقصد فيها إلى حدوث تفاعل بين المواد المتفاعلة والحراريات، بحيث يتكون طور مقاوم للتآكل على سطح الحراريات، يقيها من استمرار التآكل.

ولضمان الجدوى الاقتصادية عند استخدام الحراريات، فلابد من المحافظة خواص وسلوكيات الحراريات أثناء الخدمة عند أو فوق حدٍ معينٍ آمن، فتستمر الحراريات فى أداء وظيفتها لفترة طويلة. وتتفاوت فترة عمل الحراريات من تطبيق لآخر: فقد تتحمل فقط عدة أيام أو أسابيع، مثل تلك المستخدمة فى مغارف الصُلب، أو فى صهر أنواع أكَّالة جداً من الزجاج؛ وبعضها يتحمل ظروف العمل لعشرات السنين مثل طوب السليكا المستخدم فى أفران الكوك، أو فى أغطية مصاهر الزجاج العادى.

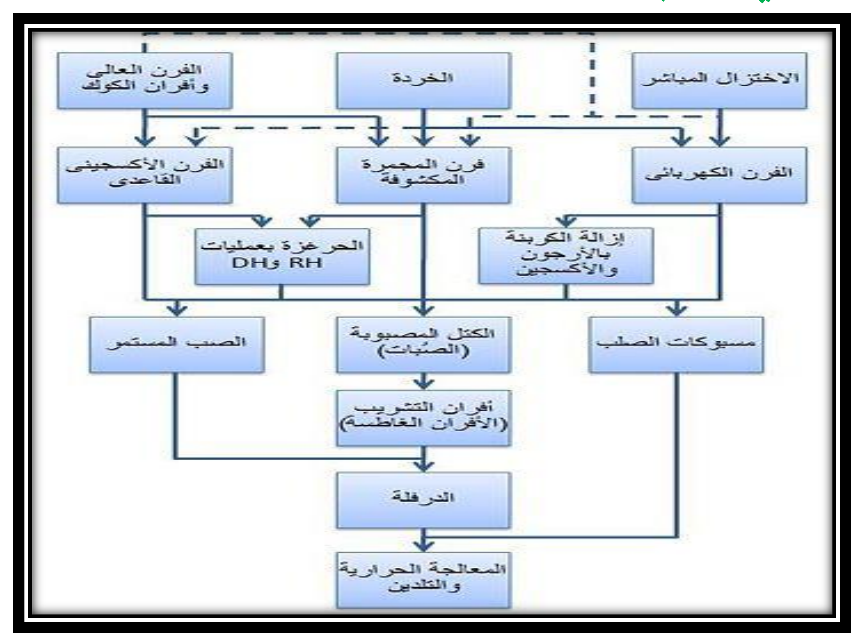
تصنيف للحراريات :

وتصنف الحراريات تبعاً لشكلها إلى حراريات مُشَكَّلَة و سَائِبَة (غير مُشَكَّلَة). تصنع الحراريات المشكَّلة فى الحالة الباردة أو الدافئة بالكبس أو الختم أو البثق أو صب الزَّلَق، وغيرها، وقد تُنتج بأساليب المسابك، أى تصهر مكوناتها من المساحيق وتصب فى قوالب ويسمى هذا الأسلوب بـ"صب الصهر". وتستخدم اهتزازات يؤثر بها على القوالب لضمان ملئها بانتظام، وبعد التجفيف يمكن حرق الطوب المُشَكّل قبل رَصِّه فى موضعه فى بطانة الفرن.

الصنف الثانى هو الحراريات السَائِبَة غير المشكلة، والتى يشيع تسميتها باسم الحراريات اللاوصلية لأنها تُصب أو تُرش أو تُقذف فى مكان إنشائها فتكون بطانة حرارية من قطعة واحدة، لاتوصل بغيرها باستخدام ملاط أو غيره. وهى مساحيق لخزفيات حرارية سَائِبَة مع مادة رابطة غير مشكلة، تخلط مع سائل مناسب: الماء عادة، ثم تُصب أو تُطَيَّن أو تُسَجُّ (تسوى بالمَالَج (المسطرين) أو تقذف أو تُرش أو توضع باليد فى شكلها النهائى، أو على أسطح أفقية أو رأسية لبناء كتل حرارية لاوصلية. وقد استخدمت هذه لحراريات لعقود عديدة، إلا أن تطوير إسمنتات ألومينات الكالسيوم عالية النقاوة ومواد رابطة فوسفاتية مستقرة أخرى، أدى إلى طفرة فى استخدامها.

نتناول الحراريات المستخدمة فى صناعة الفلزات، وفقاً للاتجاهات التكنولوجية الحديثة فى هذه الصناعات. واستفضنا فى بعض التفاصيل فى التطبيقات الحرارية فى صناعة الحديد والصُلب، فتناولنا الحراريات الحديثة المستخدمة، وسبل المحافظة عليها، وكيفية إنشائها والطرق الحديثة لذلك، لأن هذه الصناعة هى المستخدم الرئيسى للحراريات المنتجة، وقد أعطيت أمثلة على الحراريات المستخدمة فى نماذج من الصناعات الفلزية غير الحديدية، مثل صناعة الألومنيوم والنحاس والخارصين والرصاص.

حراريات صناعة الحديد والصلب :



عمليات إنتاج الحديد

تستهلك الصناعات الفلزية حوالى ٧٢% من الحراريات المنتجة، وتستحوذ الصناعات الحديدية على حوالى ٦٣% منها، وصناعة الخزفيات على ١١,٨%، وصناعة الزجاج على ٦,٢%، وصناعة المعادن على ٦,٢%، والصناعات الكيميائية والبتروكيميائية على ٢,٥%، والباقى يستهلك فى الصناعات الأخرى. ونظراً لأن صناعة الصلب هى أكبر مستهلك للمنتجات الحرارية، فسنفرد الحديث عن الحراريات المستخدمة فى كل مرحلة من مراحل صناعة الصلب على حده.



كتل من فحم الكوك.



بطارية أفران الكوك.

يُعد استخدام أفران الكوك أمراً أساسياً فى صناعة الصلب، لأن الكوك يُستخدم مادة خام فى الفرن العالى مع الحجر الجيرى وخامة الحديد لإنتاج الحديد الغُفْل (يسمى أيضاً الحديد الخام أو تماسيح الحديد). ويتم إنتاج الكوك فى أفران المنتجات الثانوية التى تستخلص العديد من الكيمياويات التى تُطلق عن تسخين الفحم لإنتاج الكوك. وتتكون بطارية المنتجات الثانوية من صف من الأفران المنفردة، عادة ٢٤ فرن أو أكثر، موضوعة إلى جانب بعضها البعض. وتُفصَل الأفران بحوائط حرارية تُطَوِّق مواسير اللهب. وتوجد فتحات لشحن الفحم وأخرى لتصريف النواتج المتطايرة فى أعلى الفرن. وتوجد فى نهاية كل فرن أبواب تسمح بدفع الكوك الناتج إلى خارجه. وتسخن الأفران تسخيناً استرجاعياً بوقود غازي. ويتصل قطاع التسخين فى كل فرن بمواسير بحيث تُفصل غرف المسترجع الحرارى تحت الفرن والحوائط. وتتصل غُرف المسترجع عن طريق مواسير بمصدر الهواء ومدخنة العادم. ويُستخدم طوب وقطاعات من الطين الحراري عالى أو متوسط الأداء لبناء الحوائط والمواسير والبناء الشبكى للمسترجع، بحسب الحاجة. وتُنشأ حوائط غرف الفرن حيث يُسخَّن الفحم لإنتاج الكوك من طوب السليكا الخالى من قطع وجذاذات الحديد وأى عيوب أخرى.

يُعمِّر هيكل فرن الكوك عادة حوالى ٢٥ عاماً قبل الحاجة إلى تغيير الحراريات. إلا أن إصلاح أبواب الفرن لابد أن يتم بشكل دوري، إذ أنها يجب أن تكون محكمة الغلق لمنع تسرب الغازات من الفرن. ويستخدم مِلاط حرارى رابط متوافق مع الأنواع المختلفة من الطوب الحرارى عند إنشاء أفران الكوك. وتُمثل هذه الأفران تطبيقاً خاصاً جداً لاستخدام الحراريات، حيث يتطلب إنشاؤها أكثر من ألف شكل مختلف من أشكال الطوب الحراري. وعند إعادة بناء بطارية الكوك يجب تضبيط طلبيات الأشكال المختلفة من الطوب الحراري، بحيث تصل إلى الموقع فى الوقت المناسب.

٨ـ صناعة الكيماويات :

تدخل كثير من المعادن غير الفلزية في صناعة المواد الكيماوية . ومن أمثلة هذه المعادن: الملح والمحاليل الأجاجية ، البوراكس ، معادن كربونات الصوديوم (الطرونا ، والنطرون) ، والكبريت ، معادن الاسترنشيوم والليثيوم والبرومين والبوتاسيوم وكثير غيرها من المعادن التي تعتبر مصدرا لكثير من المركبات الكيميائية.

كما أن هناك بعض المعادن مثل النتر يستخدم في التسميد بينما تعالج صخور الفوسفات كمياويا لتحويلها إلى السوبر فوسفات القابل للذوبان في الماء والمستخدم في عملية التسميد لامداد التربة بمركبات الفوسفور.

وعلى الرغم من إزدياد الأهمية بالنسبة للنترات المصنعة فإن معدن النتر الصودي الذي يوجد في شيلي بكميات كبيرة (نترات الصودا الشيلي) لا يزال يمد العالم بجزء كبير من الإنتاج العالمي للنترات. ويستخدم النترات أساسا في صناعة المخصبات النتروجينية وبكميات أقل في تصنيع المفرقعات ، وحمض النتريك ، وغيره من الكيماويات. ومن النترات الشيلي يستخرج ١٠٠٠ طن من اليود ، حوالي ٩٠ بالمائة من الإنتاج العالمي ، كمنتج إضافين ويستخدم اليود في صناعة المواد المطهرة ، وفي كثير من الكيماويات ، وكمادة حساسة في صناعة الاقلام والألواح الفوتوغرافية ، وفي الصباغة ودباغة الجلود ، وحفظ الطعام.

استخلاص المعـادن.. ما بين التقدم والدمـار

من كتاب «النادر» *Rare*: السباق ذو المخاطر العالية لإشباع احتياجنا إلى المعادن الأكثر ندرة على الأرض.

كيث فيرونيز، دار نشر بروميثياس ٢٠١٥.

ISBN: 9781616149727

منذ أواخر تسعينات القرن الماضي، راح ما يقرب من خمسة ملايين نسمة في جمهورية الكونغو الديموقراطية ضحية الحرب الأهلية التي كانت تشتعل نيرانها بين الفَيئَة والأخرى، ولم يدرك بشاعة هذه الحرب سوى القليل، بسبب ما شهدته من تعتيم إخباري. اشتعل فتيل هذه الحرب بسبب الصراع على المعادن، ولا سيما معدن الكولتان، أو خام التتالوم، الذي يعرِّفه المختصون بأنه فلز نادر، صغير الحجم، له أهمية كبرى في صناعة كافة الأجهزة الرقمية المحمولة تقريبًا. وفي عام ٢٠١٠، اندلع نزاع طويل بين الصين واليابان حول ملكية جُزر سينكاكو، وهدَّدت الصينُ على إثره بحظر توريد المعادن الأرضية النادرة ـ مثل النيوديميوم ـ إلى اليابان. وحينما كادت الصين تحتكر الإمداد العالمي آنذاك؛ ارتفعت أسعار المعادن الأرضية النادرة ارتفاعًا كبيرًا؛ ممّا أثار قلقًا بالغًا لدى بعض الحكومات الغربية، خشية تهديد صناعات التكنولوجيا المتقدمة التي تقام على أراضيها.



يَستخلِص أحد عمال المناجم بجمهورية الكونغو الديموقراطية الكُولْتان، الذي يُستخرَج منه خام التنتالوم.

تدّل هذه الأحداث على الآثار الجيوسياسية المترتبة على احتياجنا إلى مصدر لا ينضب من العناصر. الصراع على الموارد الطبيعية ليس بالجديد على كوكبنا، لكن كيث فيرونيز في كتاب «النادر» *Rare* عرض هذه القصة القديمة بأسلوب حديث. وفي رحلته المشوقة والمليئة بالاستطراد، اتّبع فيرونيز منهج «مِن المهد إلى

اللحد» في عرض هذا الموضوع المعقد، حيث تتبَّع منشأ هذه العناصر وأصولها منذ فجر الكون، حتى مصيرها النهائي في مرادم النفايات السّامة، ومواقع التدوير في الأفنية الخلفية في أفريقيا وآسيا.

حتى منتصف القرن العشرين، لم يكن لأي من فلزات الجدول الدوري أي استخدام عملي باستثناء ١٥ فلزًّا معدنيًا تقريبًا. ومنذ ذلك الحين، ازداد نطاق استخدام المعادن النافعة ازديادًا كبيرًا، حتى صار يضم المواد «الحرجة»، أو «الدخيلة»، أو»التقنية». وشمل ذلك العناصرَ الأرضية النادرة، وعناصر مجموعة البلاتينيوم، وغيرها، بدءًا من عنصر الأنتيمون، حتى عنصر الزركونيوم. ويرجع هذا الاستخدام المتوسع إلى الأجهزة الرقمية المحمولة، وتهافُت مليارات المستهلكين عليها بشكل غير مسبوق. ويكفي القول إن الهاتف الذكي الواحد يشتمل على ما يصل إلى ستين عنصرًا. وهناك أيضًا عوامل أخرى وراء هذا الاستخدام الهائل، من بينها: زيادة توليد الطاقة المتجددة (باستخدام توربينات الهواء، والخلايا الشمسية الكهروضوئية)، ووسائل النقل منخفضة الكربون (كالسيارات الكهربائية، والسيارات الهجينة). ويوضح الكتاب أيضًا ـ بكل سلاسة ـ أن الصناعات النووية وصناعات الأسلحة الدفاعية لها احتياجاتها من المواد الخام الدخيلة والنادرة، كعنصري البيريليوم، والبولونيوم، اللازمين لبدء عمليات التفاعل في أفق الوقود النووي.

تجلَّت خبرة فيرونيز الكيميائية بوضوح في وصفه الشيّق للعملية المعقدة لفصل عديد من العناصر الأرضية النادرة وتصنيفها، وهي العملية التي أجراها علماء إسكندنافيّون في القرنين الثامن عشر، والتاسع عشر. وأسفرت هذه المحاولة ـ التي حدثت في شمال أوروبا ـ عن نتيجة غريبة؛ فقد سُميت أربعة عناصر على اسم قرية «يتيربي» الصغيرة بالسويد. وهذه العناصر هي: يتيربيوم، ويتريوم، وتيربيوم، وإربيوم. وحظي فيرونيز بثقة القارئ عن جدارة عندما أعطى وصفًا دقيقًا للعلاقة بين الكيمياء الأساسية للعناصر، واستخدامها الوظيفي. فقد سرد سردًا واضحًا ـ على سبيل المثال ـ للعلاقات دون الذَّرّيَّة الحساسة وراء السعي الحثيث لمعرفة الخصائص المغناطيسية للمعادن الأرضية النادرة، مثل النيوديميوم. وعند خلْط هذا العنصر تحديدًا مع الحديد والبورون؛ يشكِّل مغناطيسيات دائمة ذات قوة جذب مجاليّة فائقة. هذه القوة هي المكوِّن الأساسي لتصنيع الأقراص الصلبة، وتوربينات الرياح.

من ناحية أخرى.. لم يكن فيرونيز متمكنًا في تحليله لصفات هذه المعادن المعقدة، وكيف أصبحت مركّزة في صورة رواسب خام. ولذا.. فإن تفسيره المشوّش بعض الشيء قد يترك بعض القراء في حيرة حول جيولوجية المعادن النادرة.

من نقاط الضعف أيضًا في كتابه «الاستخدام الخاطئ للمصطلحات» أنّ مصطلح «المعادن الأرضية النادرة» لا ينطبق على معادن كالتنتالوم، أوالبريليوم، أوالروديوم، أوالنيوبيوم، وإنما ينطبق على الخمسة عشر عنصرًا التي تبدأ من اللانثانوم إلى اللوتيتيوم، أي العناصر التي يبدأ رقمها الذَّرِّي بالعدد (٥٧)، وينتهي بالعدد (٧١)، فضلًا عن عنصري السكانديوم، والإيتريوم.



يحتوي الكولتان على المعادن الأساسية اللازمة لتصنيع الأجهزة الرقمية.

ولا شك أن ما جاء في الكتاب من تحليلات لمختلف العوامل التي تؤثر على إمداد هذه المعادن أضافت إلى النظرة العامة الجيدة للكتاب، مع أن هذه التحليلات ذُكرت متفرقة. كما نجده يقرّ بدور السوق في فرض طريقة إنتاج هذه المعادن ومكانها، ويشرح كيف من المحتمَل أن تتدخل العوامل الجيوسياسية في نظام الإمداد، ولا سيما إذا ارتكز إنتاج العنصر في دولة بعينها (مثلما بلغ إنتاج الكوبالت في جمهورية الكونغو الديموقراطية في عام ٢٠١٢ نسبة (٦٨%) من الإنتاج العالمي). ويلقي الضوء على الأسلوب الذي مكَّن الصين من الهيمنة في الوقت الحالي على إنتاج العناصر الأرضية النادرة. ويرجع السبب في المقام الأول إلى أن كبار المنتجين الذين يستطيعون خفض التكلفة يبيعون بسعر أقل من أسعار المشروعات الصغيرة في الأماكن الأخرى. وقد استطاع أن يدرك الضرورة العظمى للوقت، والنقود، والمعرفة التكنولوجية، ونسبة المخاطرة المطلوبة للبحث عن راسب جيولوجي ذي جدوى اقتصادية، وإنشاء منجم، ومحطة استخراج المعادن. إضافة إلى ذلك.. رصد المؤلف القيود الفنية والبيئية والاقتصادية المتعلقة بالحصول على المعادن، من خلال إعادة التدوير. وقد أفْضَت المخاطر الحقيقية والمتوقعة التي تهدد ضمان استمرار إمداد هذه المعادن إلى المضاربة حول هذه الموارد في الأماكن البعيدة، والمغالاة في الإعلان؛ عنها للتأثير على الناس. وقد اكتشف فيرونيز حدودًا جديدة للتعدين، تمتد من القارة القطبية الجنوبية، ثم المحيط العميق، وتنتهي بمنطقة حزام الكويكبات.

هذا النقاش الممتع هو نقاش واقعي حول التوقُّعات، والمخاطر المالية والفنية والبيئية الكثيرة التي تصاحب محاولات استخلاص المعادن النادرة من الشواطئ المقفرة. ورغم أن الكثير من هذه العناصر نادر نسبيًّا، وموزَّع ـ في الغالب ـ بشكل غير متكافئ جيولوجيًّا، فليس من المحتمل أن تنضب هذه العناصر في المستقبل القريب، لكن ما سوف يحدث شبيه بما أشار إليه فيرونيز في كتابه، حينما قال: «العوامل الجيوسياسية ـ على الأرجح ـ هي التي ستتسبَّب في عرقلة عملية الإمداد على المدى القصير».

مع أن الكتاب ظهر فيه شيء من الاستطراد والمغالاة في بعض المواضع، إلا أنه سلّط الضوء على نقاط في غاية الأهمية، فقد أماط اللثام عن حقائق مقلقة متعلقة بالاستهلاك التفاخري، وتأثير الأغنياء على المحرومين، وعزْم الدول الغنية على تصدير التزاماتها البيئية إلى الدول الفقيرة، وهشاشة سلاسل التوريد في عالَم موارده محدودة. ولا ريب أن كل هذه الحقائق أمور مزعجة، لكنّ سردها أمرٌ لا مفرّ منه.

ب- المعادن فى التوازن الكيميائى للجسم الإنسان

وظائف المعادن:

تعتمد كل خلية حية في هذا العالم على المعادن Minerals لتكون سليمة من الناحيتين التركيبية والوظيفية ، والمعادن ضرورية للمحافظة على التركيب السليم لسوائل الجسم ولتكوين الدم والعظام والمحافظة على الوظائف الطبيعية للأعصاب وتنظيم نشاط العضلات بما فيها عضلات الجهاز القلبي والوعائي.. ومثل الفيتامينات تعمل المعادن أيضا كمساعدات انزرعية تساعد الجسم على أداء وظائفه التي تتضمن إنتاج الطاقة والنمو والالتئام . ونظرا لأن جميع الأنشطة الإنزيمية تسهل المعادن ، فإن المعادن ضرورية للاستفادة من الفيتامينات وغيرها من العناصر الغذائية.

والجسم البشري مثل غيره من مكونات الطبيعة يجب أن يحافظ على توازنه الكيميائي السليم . وهذا التوازن يعتمد على مستويات المعادن المختلفة في الجسم ، وعلى الأخص النسب بين مستويات المعادن ، ومستوى كل معدن في الجسم له تأثير على غيره من المعادن الأخرى ، فإذا اختل توازن أي منها فإن جميع مستويات المعادن الأخرى تتأثر وإذا لم يتم تصحيح الخلل فإن هذا يمكن أن يؤدي الى تفاعل متسلسل من اختلال التوازن وبالتالي يؤدي الالإصابة بالمرض.

وتوجد المعادن بشكل طبيعي في التربة وإن التكوينات الصخرية تتكون من المعادن والصخور والأحجار التي تتفتت بالتدريج الى قطع صغيرة بفعل عوامل التآكل ، وهي عملية في الواقع تستغرق ملايين السنين والرمل والغبار المتكون يتجمع ليكون أساس التربة ، وتحتوي التربة على كثير من الميكروبات التي تقوم باستغلال هذه البلورات الدقيقة من املاح المعادن التي تنتقل بدورها من التربة الى النباتات التي تأخذ المعادن من التربة أيضا الحيوانات تتغذى على الأعشاب والنباتات فتحصل على حاجتها من المعادن ومن ثم الانسان يتغذى على كل من النباتات والحيوانات ليحصل على احتياجاته من المعادن.

وتنتمي المعادن من الناحية الغذائية الى مجموعتين:

١. المعادن الكبيرة .
٢. المعادن الصغيرة.

وتشمل المعادن الكبيرة : الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والفوسفور ويحتاجها الجسم بكميات أكبر مما يحتاجه من المعادن الصغيرة بالرغم من ان الجسم لا يحتاج إلا لكميات ضئيلة من المعادن الصغيرة إلا أنها مهمة للصحة الجيدة.

وتشمل المعادن الصغيرة: البورون والكروم والنحاس والجرمانيوم واليود والحديد والمنجنيز والموليبيدنيوم والسلينيوم والسليكون والكبريت والفاناديوم والزنك.

ونظرا لأن المعادن تختزن أساسا في العظام والأنسجة العضلية فمن المحتمل ان يحدث تسمم المعادن عند تناول كميات كبيرة جدا منها غير ان هذا شيء نادر الحدوث لأن مستويات السموم من المعادن تتراكم فقط إذا تم تناول كميات هائلة منها لمدة طويلة من الزمن.

المكملات المعدنية:

كما هو الحال بالنسبة للفيتامينات فإنه من الصعب الحصول على جميع الاحتياجات المطلوبة من المعادن للوصول الى المستوى المثالي من الصحة عن طريق الغذاء فقط ، فالمكملات المعدنية يمكن ان تساعده على التأكد من حصولك على كل ما يحتاجه جسمك من المكملات. كما يمكنك شراء تلك المعادن كمكملات منفردة ، وهذه توجد في صور أقراص أو كبسولات أو مساحيق او سوائل.

وبعضها مرتبطة بمادة اخرى مثل جزئيات بروتينية الى مجرى الدم وتسهل امتصاصها وعندما يتم تناول المكملات المعدنية مع وجبة غذائية فإنه يتم امتصاصها تلقائيا في المعدة أثناء عملية الهضم.

وبمجرد امتصاص المعدن فانه يجب حمله عن طريق الدم الى الخلايا ، ثم ينقل عبر الأغشية الخلوية في صورة يمكن ان تستخدمها الخلايا وبعد ان تدخل المعادن الى الجسم فإنها تتنافس فيها بينها من اجل الامتصاص. فمثلا تناول كميات كبيرة من الزنك يمكن أن يجعل الجسم يفقد الكثير من النحاس .

والإسراف في تناول الكالسيوم يمكن ان يؤثر على امتصاص الماغنسيوم وبالتالي فإن المعادن التكميلية يجب تناولها في كميات متوازنة وإلا فلن تكون فعالة ، بل قد تسبب الضرر ويمكن أيضا ان يتأثر امتصاص المعادن باستخدام الألياف النباتية ، فتلك الألياف (مثل النخالة) تقلل ما يمتصه الجسم من المعادن لذا يجب تناول كل من مكملات الألياف ومكملات المعادن في أوقات مختلفة.

للمعادن شأن كبير في دوام حياة الإنسان ،علما بأن جسم الإنسان يتركب من عناصر مختلفة من معادن وأشباه معادن . وهناك العديد من المعادن التي تشكل جزءا أساسيا من الأنزيمات وهي تسهم أيضا في تنظيم العديد من الوظائف الفيزولوجية مثل نقل الأوكسجين إلى خلايا الجسم ، وتوفير الشرارة لجعل العضلات تتقلص ، والمساهمة بعدة سبل لضمان العمل الطبيعي للجهاز العصبي المركزي .والمعادن ضرورية للنمو وصحة العظام وصيانتها . تتوافر معظم المعادن في الأطعمة، ، وكما هي حال الفيتامينات ، ثمة أنواع معرضة للنقص اكثر من أخرى ، فالنساء الحوامل والأطفال الصغار معرضون للنقص في نسبة الحديد ، فيما الكبار في السن معرضون للنقص في الزنك ،وتزداد الحاجة إلى الكالسيوم عند الأشخاص المعرضون للإصابة بترقق العظام.

أنواعها:

البورون boron:

يتوافر البورون في مصادر طبيعية وهو غير متوافر في المصادر الصناعية .

مصادره الطبيعية :

- التفاح.
- مياه الشرب.
- الجزر والخضار.
- خل التفاح العنب والأجاص .
- المكسرات.
- الحبوب والنباتات الخضراء.
- يتوافر هذا المعدن على شكل مكمل فردي وهو جزء أساسي في مستحضرات متعددة من الفيتامينات.

الفوائد:

- يعتبر البورون مهما لبناء العظام ونموها .
- يزيد من امتصاص الكالسيوم والاستقلاب حيث ينصح مرضى هشاشة العظام بتناول الكثير من التفاح يوميا حيث انه من أغنى الفواكه بهذا المعدن الثمين .
- يشجع على النمو الطبيعي.
- يستفيد من هذا المعدن من يعانون من ترقرق العظام.

أهمية هذا المعدن:

- عنصر ضروري للنباتات .
- مهم لاستقلاب المعادن والطاقة.
- ينظم الهرمونات.
- مهم لنمو العظام.
- يحسن صحة أغشية الخلايا.
- يساعد في تفاعلات بعض الإنزيمات.

الكالسيوم calcium:

يتوافر هذا المعدن من مصادر طبيعية وصناعية على شكل حبوب واشربة وإبر صيدلانية والاحتياج اليومي للبالغين حوالي ١٠٠٠ ملغم يوميا للمرأة الحامل والمرضع حوالي ١٥٠٠ ملغم يوميا . وينصح باستعمال المكملات الكالسيوم من الصيدلية حيث ثبت أن امتصاص هذا المعدن سوءا من المصادر النباتية أو الحيوانية لا يزيد عن ١٠% من نسبة تواجده في هذه المصادر .

مصادره الطبيعية:

- اللوز والجوز البرازيلي.
- البر وكلي والأرز والعصير.
- الكافيار والجبن.
- الحليب خالي الدسم.
- أوراق الفجل الأخضر.
- اللبن.

الفوائد:

- يحمي من ترقرق العظام.
- يعالج نقص الكالسيوم لدى الأشخاص الذين يعانون من نقص في إفراز الغدد الدرقية .
- يستخدم لمعالجة التشنجات العضلية الحادة الناجمة عن الحساسية أو النوبة القلبية أو التسمم بالرصاص.
- يستخدم طبيا كترياق للمصابين بالتسمم من المغنيزيوم.
- يحافظ على كثافة العظام وقوتها.
- يساعد على تنظيم خفقان القلب وتخثر الدم وتقلص العضلات.
- يعالج نقص الكالسيوم لدى المواليد الجدد.
- الأشخاص الذين يستفيدون من الجرعات الإضافية للكالسيوم.
- كل من له مأخوذ غير ملائم من الوحدات الحرارية أو المواد المغذية أو له حاجات غذائية متزايدة .
- الذي يعاني من حساسية تجاه الحليب ومشتقات الحليب.
- الذي يعاني من نقص غير معالج من اللكتاز ويتفادى الحليب ومشتقاته.
- الذي تخطى عمره 55 ، وخاصة النساء .

أعراض النقص:

- ترقق العظام ومن أعراضه.
- كسور متفرقة في العمود الفقري والعظام .
- تشوه في العمود الفقري مع حدبات .
- فقدان بعض الطول .
- لين العظام ومن أعراضه.
- كسور متكررة.
- تقلص في العضلات.
- نوبات تشنج.
- الجرعات المفرطة.
- أعراض تناول الجرعات المفرطة.
- ارتباك وخفقان بطئ في القلب.
- ألم العضلات والعظام.
- غثيان وتقيؤ.

سبل الوقاية منها:

- توقف فورا عن تناول الكالسيوم عند شعورك بالأعراض السابقة واستشر الطبيب وأخصائيو التغذية.
- ملاحظة.
- التدخين ومشروبات الكافيين تخفف من امتصاص هذا المعدن .

السيلينيوم عنصر غذائي يعزز المناعة:

أكدت مصادر غذائية وصحية الدور الهام الذي يشترك فيه السيلينيوم في الكثير من الوظائف البيولوجية داخل الجسم البشري .فيقوم بتعزيز النظام الغذائي .ويؤدي أي نقص في هذا العنصر الغذائي إلى نقص وضعف في أنظمة الدفاع عن الجسم أمام مختلف الأمراض ويؤدي إلى الضعف العام .

السيلينيوم عبارة عن مكون غذائي مهم (Oligo–element) ومغذ أساسي . وهو واحد من مكونات عدد كبير من البروتينات (Selenoproteins)التي تشترك في بعض الوظائف الأنزيمية .ويشارك السيلينيوم العمل الايضي كمضاد للأكسدة (antioxydant) ومنق للخلايا من السموم (Detoxicant) فيحارب المفاعيل الضارة لذرات أوكسجين داخل جسم الإنسان .فيشارك فيتامين E في عمله الايضي ، أما الملفت للنظر في هذا الموضوع أن نقص هذا المعدن بشكل ملحوظ يؤدي إلى الإصابة ببعض أنواع السرطانات ، كما ويساعد في نومها كسرطان البروستات والكلى والقولون.وبخاصة عند الأشخاص الذين يحملون فيروس الصفيرية من النوع B أو C هذا بالإضافة إلى العلاقة بين الأمراض القلبية والوعائية والنقص في هذا المعدن خصوصا عند الذكور الذين يعانون من مرض إكليلي (Coronary Disease) وتكدس الصفيحات الدموية.

ويدخل السيلينيوم إلى العملية الغذائية من خلال النباتات التي تمتصه من التربة .غير أن التربة الحمضية وذات التركيبة المركبة التي تحتوي عادة على الحديد والألمنيوم تقلص من امتصاص هذا المعدن الموجود في التربة وذلك في الكثير من المناطق الأوروبية .كما ونجد السيلنيوم في القمح والحبوب كافة واللحم والدواجن والسمك في أشكال عضوية (Organic) وغير عضوية (inorganic).

وقد أشارت دراسات عديدة أن نقصا معتدلا في هذا المعدن في الجسم ،يترافق مع انخفاض حاد لجهاز المناعة وفعاليته مع الإشارة إلى الكميات الكبيرة منه المتمركزة في الأعضاء والأنسجة المناعية كالكبد والطحال والعقدات اللمفاوية .مما يعطيه تلك الميزة الدفاعية لمحاربة كافة الفيروسات منها بشكل خاص فيروس نقص المناعة المكتسبة (الإيدز). وقد جهدت الكثير من الدراسات العلمية لمعرفة الكميات الأساسية من هذا المعدن للجسم لتامين الحماية اللازمة للجسم وأعضائه.وتبين بما أن السيلينيوم ملح معدني لابد لكل شخص من تناوله فان الكمية اللازمة كحد أدنى من ٤٠٠-٥٠٠ ميكروغرام في اليوم الواحد.

<u>سرطان غدة البروستات والسيلينيوم :</u>

أظهرت الكثير من الدراسات أن الأشخاص الذين يعانون من سرطان غدة البروستات يعانون من نقص في معدن السيلينيوم اكثر من غيرهم .هذا ما أظهرته إحدى الداسات من جامعة هارفارد في الولايات المتحدة وقد أجريت الدراسة على حوالي ٣٤ ألف شخص تتراوح أعمارهم بين ٤٠-٧٥ سنة.

الكروم:

يساعد في تنظيم نسبة الكوليسترول في الدم. تكون نسبة الكروم عالية عند الأطفال حديثي الولادة ،لكنها ما أن تلبث تتلاشى شيئا فشيئا.يوجد الكروم في العضلات والدماغ كما يدخل في تركيب كل الدهنيات في الجسم .

أما مهمته الأساسية فهي تحويل الغلوكوز في الجسم . وهو يساعد الأنسولين في تنظم نسبة الغلوكوز في الدم ، وعندما يحتاج الأمر فانه يزود الخلايا بالسكريات.وهو يساعد أيضا على تنظيم نسبة الكوليسترول في الدم.

<u>مصادر الكروم :</u>

- بعض الخمائر والمحارات.
- الكبد.
- البطاطا.
- المأكولات البحرية.
- الجبنه.
- اللحم.
- حبوب خميرة البيرة الموجودة في الصيدليات وعلى شكل **chromium piclonate** .
- الحبوب الكاملة.

عوارض نقص الكروم :

- ارتفاع نسبة الكوليت في الدم.
- ارتفاع نسبة السكر في الدم.
- تباطؤ النمو.
- الإرهاق والاضطراب .

الحديد:

الحديد من العناصر الضرورية لجسم الإنسان حيث انه يدخل في تكوين الصبغة الحمراء المكونة للدم(الهيموجلوبين) الذي ينقل الأوكسجين من الرئة إلى أنسجة الجسم المختلفة،التي من خلالها احتراق المواد الغذائية لتوليد الحرارة اللازمة للجسم.كما أن الحديد يدخل في تركيب الكثير من أجزاء الجسم ويلعب دورا هاما في النمو والإفرازات ونقصانه في الجسم يسبب فقر الدم. ومن الجدير بالذكر أن الطفل الوليد لا يأخذ الحديد لعدم وجوده في حليب ألام ولذلك فان من نعمة الخالق أن الطفل يولد ولديه كمية من الحديد المخزنة في الجسم ،والتي تكفيه لعدة اشهر إلى حين أن يستطيع الحصول على الحديد من الأغذية الخارجية.

مصادر الحديد:

- البيض .
- الفواكه المجففة.
- الحبوب والخضار الورقية.
- العنب والمكسرات.
- الكرفس.
- المشمش والعنب .
- الموز والتين.
- البصل والبقدونس.يتوافر الحديد في الأغذية الغنية بالبروتين.
- ومن الجدير بالذكر أن تناول البرتقال(فيتامين c) من هذه الأغذية يزيد من امتصاص الحديد من هذه الأغذية،وللعلم أن مشروب الشاي يخفف من امتصاص الحديد.

عوارض نقص الحديد:

- نقص وضعف الدم.
- قد يؤدي إلى أمراض وعائية قلبية.
- مشاكل هضمية وإمساك.
- إرهاق وأوجاع في الرأس.

الزنك :

عرفت أهمية الزنك بالنسبة لجسم الإنسان منذ زمن غير بعيد ،ويتوافر الزنك من مصادر طبيعية وأخرى صناعية .ويحتاج الجسم من الزنك يوميا ما يعادل ١٥ ملغم للرجال وبالنسبة للنساء تقل قليلا فتصبح ١٢ ملغم.ويتوافر الزنك في الصيدليات على شكل أقراص يتم ابتلاعها كاملة مع كوب من السوائل ولا يجوز مضغها أو قرطها،ويجب تناولها مع الأكل أو بعد الأكل بساعة.

مصادر الزنك الطبيعية:

- لحم البقر وقلب الدجاج.
- صفار البيض .
- السمك ولحم الغنم.
- الحليب.
- بذور السمسم وفول الصويا.
- النخالة والحنطة.
- الديك الرومي .
- بذور دوار الشمس .
- منتجات الحبوب الكاملة.

فوائد الزنك للجسم :

- يشترك الزنك في التفاعلات المقاومة للتأكسد.
- يحافظ لزنك على قوة حاستي الشم والذوق.
- يلعب دورا هاما في نقل ثاني أكسيد الكربون في الدم.
- يلعب دورا هاما في إفراز الحمض المعوي.
- يساعد في تنظيم الضغط الدموي.
- يشجع على النمو الطبيعي.
- يساعد على النمو الطبيعي للجنين.
- يساعد على الشفاء من الجروح ويساعد في انقسام الخلايا.
- يحسن المناعة لدى المصابين بنقص الزنك.

أعراض النقص:

- فقدان حاستي الشم والذوق .
- النمو البطيء للجنين.
- فقدان الشهية .
- التهاب اللسان والفم.
- ضعف النظر والذاكرة.

- انخفاض عدد الحيوانات المنوية.
- التهاب جفني العين.
- طول مدة التئام الجروح.
- رضوض في الجلد وطفح جلدي.
- قد يؤدي نقصانه بشكل كبير إلى العقم.

الكبريت:

يوجد الكبريت في كل الخلايا كما يوجد بأنحاء الجسم المختلفة،خصوصا في الجلد والعضلات والأظافر .كما يوجد في عدد من إفرازات الجسم كاللعاب وعصارة المرارة. كما انه يعتبر من مكونات الأنسولين الضروري في توازن الكربوهيدرات. ويمكن أن نجده حين يتكاثر البروتين.ويتوافر من مصادر طبيعية فقط.

مصادر الكبريت الطبيعية:

- الفاصولياء المجففة.
- البيض والسمك.
- الثوم.
- لحم الغنم الأحمر.
- الحليب والدواجن.
- الفول السوداني والعدس.
- المواد الغنية بالبروتين.
- بذور القمح .

فوائد الكبريت للجسم :

- يساعد على إفراز الصفراء من الكبد.
- يساعد الكبريت البروتينات في المحافظة على تركيبها.
- يساعد الجسم في استعمال الطاقة.
- يساعد في إخراج المواد السامة من الجسم.
- يدخل الكبريت في تركيب بعض الفيتامينات من المجموعة B وفي تركيب الكولاجين.
- يساعد في الاستقلاب.

اليود:

يعتبر اليود من العناصر الرئيسية في التغذية السليمة،ويستقبل جسم الإنسان يوميا حوالي ٥٠ ملغ .وهو متوافر بمصادر طبيعية.ويتوافر في الصيدليات على شكل أقراص لا يجوز مضغها أو قرطها يجب تناولها بعد الأكل بساعة ونصف تقريبا .

مصادر اليود :

- الحليب .
- السبانخ والجرجير.
- القريدس والمكسرات المملحة.
- المحار والسلمون المعلب.
- الملفوف والبطاطا.
- البقدونس .

واهم مصدر لليود فهو أملاح اليود التي تضاف إلى ملح الطعام .

فوائد اليود :

- يشجع على العمل الطبيعية للغدة الدرقية .
- يشجع على العمل الطبيعي للخلايا.
- يحافظ على صحة الجلد والشعر .
- يساهم في إنتاج الطاقة .
- عوارض نقص اليود:
- تضخم الغدة الدرقية .
- إرهاق وبطؤ في النمو العقلي والجسمي .
- انتفاخ الرقبة والوجه.
- زيادة الوزن.

الفلورايد:

بغض النظر عن أن كمية الفلورايد المتواجدة في الجسم لا تتجاوز ال٣٠ غراما.إلا أن الفلورايد يلعب دورا هاما في الحفاظ على الأسنان والعظام.وتبرز أهمية الفلورايد للأسنان بحمايتها من التسوس، ويتوفر الفلورايد من مصادر طبيعية وصناعية .

مصادر الفلورايد :

- التفاح.
- كبد العجل.
- البيض وكلى الحيوانات.
- الشاي والماء .
- الأسماك.

فوائد الفلورايد للجسم :

- يحول دون تسوس الأسنان عند الأطفال حين يكون مستوى الفلورايد في الماء غير كاف .
- قد يؤدي دورا في الحفاظ على صحة العظام.
- يعتبر ضروري للأسنان في طور البناء .

عوارض النقص:

- التسوس بالأسنان.

البوتاسيوم:

يعتبر Potassium Chloride من اكثر أشكال البوتاسيوم انتشارا.ويصل إلى جسم الإنسان من مصادر طبيعية وأخرى صناعية، ويوجد البوتاسيوم في الجسم بمعدل ٢٥٠ غرام عند الرجل وتقل هذه الكمية عند الأنثى بحوالي عشرة بالمائة .

فوائد البوتاسيوم :

- يلعب البوتاسيوم دورا هاما في تنظيم ضغط الدم.
- ينظم نقل المواد الغذائية إلى الخلايا.
- يحافظ على توازن كمية المياه في الجسم.
- يحسن من عمل الأعصاب .
- قد يساعد في الشفاء من الحروق .

مصادر البوتاسيوم :

- الافوكادو والموز.
- الفاصولياء .
- الشمام.
- الشمندر.
- الفاكهة الحمضية.
- البندق.
- البطاطا والزبيب.
- الحبوب الكاملة .
- السبانخ والملفوف .
- البقدونس والكرفس.

أعراض نقص البوتاسيوم:

- نقص مستوى البوتاسيوم في الدم.
- انخفاض في ضغط الدم.
- خفقان سريع وغير منتظم لنبضات القلب .
- ارتفاع في نسبة الكوليسترول في الدم.
- تباطؤ في النمو.
- ضعف في العظام.
- صعوبة في التنفس.
- الإمساك والشعور بالانحطاط.

السيليكون:

يوجد السيليكون في الجسم وبعض الأنسجة ويلعب دورا هاما في الحفاظ على نمو العظام،ويمكن الحصول على السيليكون من مصادر طبيعية وأخرى صناعية ،ويحتاج الجسم البالغ يوميا إلى ٧٠ ملغم من هذا المعدن .

فوائد السيليكون:

- يعتبر السيليكون ضروري لتكوين الكولاجين.
- يلعب دورا هاما في تكلس العظام .
- قد يحسن من جهاز المناعة.
- يقوي الأظافر والجلد والشعر .
- يخفف من أمراض الأوعية القلبية.
- يخفف من ضغط الدم.
- لم تعرف حالات حتى الآن لنقص السيليكون لكونه متوافر بكثرة في الأغذية والعديد من الأطعمة لكن نقصه ينعكس على نمو العظام.

الصوديوم:

يحتوي جسم الإنسان البالغ على حوالي ١١٢ غرام من الصوديوم ،ثلثها يتراكم في العظام والباقي يتوزع في على العضلات والأنسجة العصبية وسوائل الجسم.ويمكن الحصول على الصوديوم من مصادر طبيعية.

فوائد الصوديوم :

- يساعد في تنظيم توازن الماء في الجسم.
- يؤدي دورا أساسيا في الحفاظ على الضغط الطبيعي في الدم.
- يساعد في تقلص العضلات ونقل الأعصاب.

- ينظم التوازن لحمضي القاعدي في الجسم .
- المحافظة على التهيج الطبيعي لأنسجة الجسم .

مصادر الصوديوم الطبيعية :

- ملح الطعام.
- اللحم المجفف.
- الخبز والزبدة.
- الفول الأخضر .
- الحليب .
- المكسرات.
- الجزر.
- الشمام.
- المشمش.

عوارض نقص الصوديوم :

- تقلص التجويف البطني .
- أوجاع الرأس والدوار .
- انخفاض الضغط.
- الالتهابات المختلفة.
- سوء الذاكرة.
- فقدان الوزن .
- التقيؤ والإسهال .
- تشنج والم في العضلات.

المغنيسيوم:

إن اكثر من نصف كمية المغنيسيوم الموجود في جسم الإنسان متواجدة في العظام والأسنان، والباقي يتوزع في الأنسجة الدقيقة بما فيها أنسجة القلب وفي سوائل الجسم كالدم وغيره .ويخلق المغنيسيوم توازنا مع مفعول الكالسيوم في الجسم ،فالكالسيوم مثلا يعمل على تقلص العضلات بينما المغنيسيوم يساعدها على الارتخاء .ويمكن الحصول على المغنيسيوم من مصادر طبيعية،ويحتاج جسم الإنسان البالغ من هذا المعدن إلى ٣٥٠ ملغم في اليوم وترتفع عند المرأة الحامل إلى ٤٠٠-٤٥٠ ملغم في اليوم .

فوائد المغنيسيوم :

- يساعد في نمو العظام .
- يساعد الأعصاب والعضلات على عملها .

- يعمل كمثابة ملين في الجرعات الكبيرة .
- يقوي مينا الأسنان .
- له دور هام في تخليق البروتين .
- يساعد على طرد بعض المواد السامة من الجسم .
- يساعد في تحويل الدهن والكربوهيدرات إلى طاقة .
- يزيد من احتمالية الشفاء بعد التعرض إلى نوبة قلبية.
- يسهل العوارض التي تسبق العادة الشهرية .
- يرفع مستوى الكوليسترول المفيد في الدم ويقلل من نسبة الكوليسترول الضار .

مصادر المغنيسيوم الطبيعية :

- يوجد في الجوزيات.
- الخبز.
- الخضراوات ذات الأوراق .
- الافوكادو.
- مشتقات الحليب .
- القمح.

عوارض نقص المغنيسيوم :

- تقلصات العضلات .
- نوبات تشنج.
- الاختلال في انتظام دقات القلب .
- فقدان الشهية .
- الضعف في تناسق العضلات .
- ارتفاع في ضغط الدم .

ج- أنواع الفيتامينات والمعادن ومصادرها

الفيتامينات والمعادن:

الفيتامينات والمعادن تلعب دورا هاما في الحفاظ على صحة الجسم والمساعدة على إبقاء جهاز المناعة بحالة جيدة والمساعدة في شفاء الجروح ومكافحة الأمراض. لذا يجب أن نحصل على كل الفيتامينات والمعادن التي نحتاجها من خلال الغذاء الصحي المتوازن الذي يتضمن على الأقل خمسة حصص يوميا من الفواكه والخضار ويجب أن نحاول قدر الإمكان أن نقلل من أخذ الفيتامينات والمعادن على شكل مستحضرات دوائية حيث أنها قد تمنع امتصاص معادن أخرى أو قد تتراكم في الكبد محدثة تسمما دوائيا لذا يجب الأخذ بالنصيحة الطبية عند تناولنا هذه الأدوية.

في هذا الجزء سوف ننظر إلى الفيتامينات والمعادن التي نحتاجها والأطعمة التي تحتويها وماذا قد يحصل إذا لم نتناول حاجتنا اليومية منها.

مصادر ووظائف الفيتامينات والمعادن:

١- فيتامين A أو بيتا كاروتين :

البيتا كاروتين هو الصبغة الصفراء الغامقة التي توجد في بعض الأطعمة بشكل طبيعي والتي يحولها الجسم إلى فيتامين A والمعروف أيضا بالريتينول . كماان الفيتامين A يمكن أن يوجد في بعض الأطعمة كما هو (أي بدون حاجة إلى التحويل).

موجود في الحليب ، المار غارين ، الجبن ، صفار البيض ، الكبد ، زيت السمك ، سمك التونة ، السردين .
موجود في الفواكه والخضار خاصة الجزر ، البندورة ، الفليفلة الحمراء ، الخضار الو رقية ، المانجا ، المشمش ، القرنبيط ، البطاطا الحلوة .

فوائد الفيتامين A أو البيتا كاروتين:

- ضروري للمحافظة على الأنسجة وإصلاحها ونموها.
- يساعد على إبقاء الجلد والأغشية المخاطية بحالة سليمة.
- يقوي المناعة ضد الأمراض
- نقص فيتامين A : أول علامة هي العشى الليلي ومن هنا جاء القول بأن الجزر يساعدنا على الرؤية في الظلام (الجزر هو أحد أهم مصادر البيتا كاروتين) .

٢- فيتامين B1 :

يعرف أيضا بالثيامين .

موجود في حبوب الإفطار، البطاطا ، الحليب ومشتقات الألبان ، اللحم ومشتقاته ، الفواكه والخضار .

فوائد فيتامين B1:

- ضروري لإطلاق الطاقة من الطعام الذي نأكله .
- ضروري لسلامة الدماغ والوظائف العصبية .

فيتامين B2:

يعرف أيضا بالريبو فلافين .

موجود في الحليب ومشتقات الألبان ، حبوب الإفطار ، اللحم ومشتقاته ، خميرة البيرة ، البيض .

فوائد فيتامين B2:

- ضروري لإطلاق الطاقة من الطعام الذي نأكله.
- ضروري لتطور ونمو الجسم .

فيتامين B3:

يعرف أيضا بالنياسين .

موجود في اللحم ومشتقاته ، الحليب ومشتقات الألبان ، حبوب الإفطار ، البطا طا ، الخبز والسمك وخميرة البيرة .

فوائد فيتامين B3 :

-ضروري لإطلاق الطاقة من الطعام الذي نأكله.

فيتامين B6 :

ويعرف أيضا ب بير يدوكسين .

موجود في البطاطا، حبوب الإفطار ، الخبز ، اللحم ، السمك ، البيض و الفاصولياء المعلبة ، الموز ، البذور خاصة بذور عباد الشمس .

فوائد فيتامين B6 :

- ضروري لإطلاق الطاقة من الطعام الذي نأكله
- يحافظ على سلامة كريات الدم الحمراء.

فيتامين B12:

ويعرف أيضا ب سيانوكوبال أمين

موجود في الأطعمة الحيوانية (اللحم ومشتقاته) ، الحليب ومشتقات الألبان ، السمك ، البيض ، وأيضا في حبوب الإفطار ، خميرة البيرة ، وبعض الطحالب البحرية

فوائد فيتامين B12:

- المحافظة على سلامة الجهاز العصبي.
- يساهم بشكل أساسي في تكوين وسلامة كريات الدم الحمراء.

فيتامين C:

يعرف أيضا ب الإسكوربيك

موجود في الفواكه خاصة الحمضيات مثل الليمون ، الكريب فروت ، عصير الفاكهة ، والخضار الورقية ، الفليفلة ، البندورة ، البطاطا .

فوائد فيتامين C:

- ضروري لسلامة الأوعية الدموية ، العظام ، والعضلات .
- يساعد في التئام الجروح
- يزيد من امتصاص الحديد الموجود في الطعام.
- يساعد في حماية الخلايا.
- يحافظ على سلامة اللثة.

فيتامين D:

يوجد منه نوعان: ١) كولي كالسيفيرول. ٢) إرغو كالسيفيرول.

موجود في المارغرين ، زيت السمك ، السمك الزيتي مثل : الإسقمري والسلمون والسردين ، صفار البيض ، حبوب الإفطار.

فوائد فيتامين D :

- يساعد الجسم على امتصاص الكالسيوم من الطعام لذا فهو ضروري لسلامة العظام والأسنان.
- مهم وضروري لسلامة الجهاز العصبي والقلب.
- يمكن أن يتكون في الجلد بتأثير أشعة الشمس (ليست أشعة الشمس القوية التي يجب أن نتجنبها)

فيتامين E:

يعرف ب ألفا توكوفيرول .

موجود في الزيوت النباتية ، المارغرين ، صفار البيض ، الحبوب الكاملة ، اللوز ، والخضار الورقية .

فوائد فيتامين E:

- يساعد في حماية الخلايا.

حمض الفوليك:

ينتمي إلى مجموعة فيتامينات B. الفولات تتكون بشكل طبيعي في الطعام بينما حمض الفوليك هو الشكل المصنع له المستخدم في الأدوية ، وكلاهما له نفس التأثير في الجسم .

الفولات موجودة في الخضار الورقية خاصة السبانخ ، الفاصولياء الخضراء ، البازلاء ، البطاطا، الفواكه وخاصة البرتقال بالإضافة إلى الحليب ومشتقات الألبان.

فوائد حمض الفوليك:

١- يساهم في سلامة ونمو الجنين ويقلل من خطورة العيوب العصبية مثل شلل الحبل الشوكي.

٢- يساهم في سلامة كريات الدم الحمراء

٣- يساهم في تشكيل الخلايا الجديدة.

فيتامين K:

يمكن الحصول عليه من خلال الطعام كما أن المستعمرات الجرثومية المتعايشة في الجهاز الهضمي تعتبر مصدرا طبيعيا مستمرا له.

موجود في الخضار غامقة اللون مثل السبانخ ، القرنبيط ، الملفوف ، الزيوت والزبده النباتيه ،الحبوب واللحوم.

فوائدة فيتامينK:

–ضروري لعملية تخثر الدم

–يعطى للأطفال المولودين حديثا للوقاية من النزيف.

الكالسيوم:

في فيتامين D – دور الكالسيوم و أهميته للجسم

موجود في الحليب ومشتقات الألبان ، الخبز ، الخضار الو رقيه ، الفاكهة المجففة ، البندق ، البذور ،بالإضافة إلى ماء الشرب ، العظام الناعمة الموجودة في السمك المعلب مثل السردين .

فوائد الكالسيوم:

– ضروري لسلامة العظام والأسنان.

– ضروري لعملية التقلص والإرخاء للعضلات بما فيها القلب.

– يساهم في عمل الأعصاب والنقل العصبي.

– ضروري لعملية تخثر الدم.

النحاس:

هو عنصر أساسي موجود في ماء الشرب

موجود في اللحوم خاصة في الكبد ، الأسماك الصدفية ، الخبز والحبوب ، الخضار .

فوائد النحاس :

– ينظم عملية النمو والتطور في الجسم وكمية الطاقة التي نستخدمها.

– له دور رئيسي في الغدة الدرقية حيث يشكل جزءا من الهرمون الدرقي الذي يتحكم باستقلاب الجسم.

الحديد:

يساعد فيتامين C الجسم على زيادة امتصاص الحديد من الطعام .

موجود في اللحم ومشتقاته ، المشمش، البيض ، الخبز والحبوب والخضار .

فوائد الحديد:

– مكون رئيسي لخضاب الدم الموجود في كريات الدم الحمراء والتي تحمل الأكسجين إلى كل الجسم.

المغنيزيوم:

يعمل بجانب الكالسيوم والمعادن الأخرى في التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الجسم.
موجود في الحبوب، الخضار الورقية، الحليب، اللحم، سمك التونة، البطاطا، البندق، خميرة البيرة والبذور

فوائد المغنيزيوم:

– يعمل بالمشاركة مع الكالسيوم في العديد من الوظائف مثل تقلص وارتخاء العضلات بما فيها القلب، النقل العصبي، المساهمة في عملية النمو للعظام والأسنان.
– يساعد في التفاعلات الكيميائية في الجسم مثل إنتاج خلايا جديدة واستعمال الطاقة .

الفسفور:

هو المصدر الثاني الذي يعمل بالمشاركة مع الفيتامين والمعادن للقيام بوظائف معينة.
موجود في الحليب ومشتقات الألبان، الخبز و اللحم الأحمر، لحم الدواجن الأحمر.
– يساعد في نمو العظام والأسنان وسلامتها.

البوتاسيوم:

وهو يعمل بالتوازن مع الصوديوم.
مجود في الفاكهة خاصة الموز، الخضار، الخبز، السمك، اللحم، الحليب، البندق والبذور.

فوائد البوتاسيوم:

يعمل بتوازن دقيق مع الصوديوم للتحكم بالوظائف العصبية والتقلص العضلي بما فيها نظم القلب كما يساعد على موازنة تدفق الماء والمواد المغذية داخل وخارج الخلايا.
يلعب دورا مهما للحفاظ على توازن السوائل في الجسم.

السيلينيوم:

يوجد في العديد من الأنزيمات التي يعتبر معظمها مضادة أكسدة مهمة
موجود في الحبوب ومنتجاتها، اللحم، السمك، الأسماك الصدفية، البندق، ومشتقات الألبان

فوائد السيلينيوم:

– يعمل بمشاركة مع فيتامين E كمضاد أكسدة ويساعد في حماية الخلايا من التأثيرات الضارة للجذور الحرة (الجذور الحرة هي جزيئات صغيرة جدا لكنها خطرة حيث تسبب أضرارا للخلايا .

الصوديوم:

يتناول معظم الناس كميات كبيرة منه خاصة على شكل ملح الطعام
موجود بشكل طبيعي في معظم الطعام الذي نأكله لكنه يضاف أيضا بكميات كبيرة على الأطعمة المصنعة بالإضافة إلى ملح المائدة الذي يضاف إلى الطعام المطبوخ.

فوائد الصوديوم:

- **يعمل بالمشاركة مع البوتاسيوم بالتحكم بتوازن السوائل ضمن الجسم ويلعب دورا مهما في تنظيم ضغط الدم حيث زيادة الصوديوم ترفع ضغط الدم.**
- **ضروري لسلامة الوظائف العصبية**
- **ضروري لسلامة التقلص والارتخاء العضلي.**

الزنك:

هذا المعدن الذي احتل مؤخرا دورا رئيسيا في معظم الأبحاث لأهميته البالغة.
موجود في اللحم ومشتقاته، الحليب ومشتقاته، الخبز والحبوب، البيض، البندق.

فوائد الزنك:

- **ضروري لإنتاج الطاقة من الطعام الذي نتناوله**
- **ضروري من أجل سلامة حس الذوق**
- **ضروري لنمو وتجدد الخلايا**
- **يساعد في التئام الجروح.**

الخاتمة

من المدهش حقا أن نجد عددا كبيرا من الناس لديهم فقط فكرة غير واضحة عن طبيعة المعادن ، وأن هناك علما متخصصا في دراستها ومتعمقا في أبحاثها. إن صخور الجبال ، ورمال الشاطئ ، وتربة الحديثة يتكون معظمها أو جزء كبير منها من المعادن. كذلك فإن جميع المنتجات التجارية غير العضوية التي نتداولها في حياتنا اليومية ، إما أن تكون عبارة عن معادن او صنعت من مود معدنية ، فمواد البناء ، والصلب والأسمنت ، والزجاج – على سبيل المثال لا الحصر – نحصل عليهم من المعادن. إن العرب في الحقيقة هم أول من درسوا المعادن دراسة علمية ، قدموا في مؤلفاتهم الأسس العلمية الأولية لعلم المعادن. لقد وصفوا المعادن بالنسبة لخواصها البلورية وخواصها الطبيعية (اللون ، الشفافية ، المخدش أو المحك) والوزن النوعي (الثقل النوعي) والاختبارات الكيميائية ونشأة المعادن وأسمائها .

يهتم علم المعادن بصفة أساسية بالوحدة البنائية (خلية الوحدة) وهي تمثل أصغر مجموعة من الذرات (أو الأيونات) التي تبين البناء الكامل لبلورة المعدن ، وهو يخص الذرات باهتمامه فقط عندما يؤدي ترتيبها في صور متباينة إلى تكوين أنواع مختلفة من البلورات والمعادن. ويعتبر الصخر (الذي يتكون من جمع من المعادن) أصغر وحدة يهتم بها الجيولوجي إهتماما مباشرا. وعندما يهتم بالمعادن فإن ذلك ينصب على مدى ما نسبته المعادن من تغيير في طبيعة الصخر. أما بالنسبة للفلكي فإن أصغر وحدة في دراساته هي النجم أو الكوكب ، مثل كوكب الأرض ، التي هي عبارة عن خليط من صخور عدة. وفي هذا الترتيب المتسلسل نجد أن علم المعادن يحتل المكان الأوسط ، فوحدة الفلكي أكبر بمراحل من وحدة عالم المعادن ، تماما كما تكبر هذه الوحدة الأخيرة إذا قورنت بوحدة الفيزيائي. ولكنها حقيقة أساسية أيضا أن مجالات التخصص في العلوم المختلفة لا تفصلها حدود رأسية ، إنما تتخط بعضها بعضا ، تخطيا يزداد كلما نمت العلوم وازدادت المعرفة.وعلى سبيل المثال ، بدأ علم الفلك بدراسة المجوم والكواكب ، ولكنه الآن يضم الأبحاث الطيفية للتعرف على العناصر الموجودة في الشمس وغيرها من النجوم. وكذلك يتخصص عالم المعادن أساسا في دراسة المعادن ، ولكن نظرا لأن هذه المعادن توجد في هيئة بلورات ، فإنه يكون لزاما عليه – لكي يتفهم طبيعة هذه البلورات – أن يقوم بدراسة الذرات والأيونات وكذلك الالكترونات ويحيط بها علما.

يمكننا أن ننظر إلى المعادن – بصفة عامة – على أنها المواد التي تتكون منها صخور القشرة الأرضية ، وعلى هذا الأساس تعتبر المعادن أهم صلة طبيعية متيسرة بين أيدينا لمعرفة تاريخ الأرض ، أو بعبارة أخرى إنها السجل الذي سجلت فيه الحوادث المختلفة لتكون تاريخ الأرض. ويعتبر الجيولوجي المعادن التي يجدها في الصخور والعروق منتجات نهائية لعمليات طبيعية كثيرة ومتشعبة ، ووظيفته الأولى هي الكشف وإزاحة الستار عن غوامض هذه العمليات. وأول ما يقوم به جيولوجي المعادن في هذه الوظيفة هو دراسة خواص أنواع المعادن (بلورية ، فيزيائية ، كيميائية) ونشأتها ، وعلاقتها الزمانية والتسلسل الزمني لتكونها أو ما نسميه بالنشأة التتابعية. إن معظم أنواع الصخور تتكون من مخاليط معادن عدة ، ولكن قلة من الصخور ، مثل الحجر الجيري تتكون أساسا من معدن واحد. والغالبية العظمى من المعادن توجد في الطبيعة مكونة الصخور المختلفة

، أما الباقي فيوجد في الطبيعة مكونا العروق ومالئا الفجوات ، ومعظم معادن هذا النوع الأخير من الظهور والتواجد في الطبيعة ذو فائدة اقتصادية ، وتعرف هذه المعادن باسم ومنها استخرج الفلزات المختلفة التي تستفيد الحضارة البشرية منها الخاماتOre .

تتميز المواد المتبلورة بحقيقة أساسية هي الترتيب المنتظم للذرات والأيونات التي تتكون منها. وعلى هذا الأساس يجب أن نتصور البلورة كبنيان يتكون من وحدات غاية في الدقة تتكرر بانتظام في الأبعاد الثلاثة. وأساس البناء البلوري هو التكرار. وتترتب هذه الوحدات المتشابهة عن نقاط منتظمة في الأبعاد الثلاثة بطريقة تجعل كل نقطة لها نفس الظروف المحيطة بالنقاط الأخرى ، وبتحديد هذا الترتيب بواسطة اتجاهاته الثلاثة والمسافات التي تتكرر عندها النقاط في هذه الاتجاهات. وقد أوضحت المحاولات التي قام بها برافيه عام ١٨٤٨ أن هناك ١٤ نمطا فقط لهذه الترتيبات ممكنة هندسيا . وتعرف هذه الترتيبات الفراغية باسم الترتيبات الفراغية الأربعة عشر لبرافيه.The 14 Barvbis space lattices .

تتبع البلورات سبعة أقسام تعرف باسم الفصائل البلورية السبعة وتضم كل فصيلة من هذه الفصائل السبعة عددا من المجموعات التماثلية ، أو ما يعرف باسم النظم البلورية (اثنين في فصيلة الميول الثلاثة ، وثلاثة في كل من فصيلتي الميل الواحد والمعيني القائم ، خمسة في كل من فصيلتي الثلاثي والمكعب ، سبعة في كل من فصيلتي الرباعي والسداسي) وتحتوي على المميزات التماثلية للفصيلة التي تتبعها ، فمثلا ، قد تحتوي بلورة تابعة لفصيلة الثلاثي على محور دوران ثلاثي التماثل فقط ، أو على محور انقلابي ثلاثي التماثل ، أو على مجموعة من محور واحد ثلاثي التماثل ، وثلاثة محاور ثنائية التماثل ، أو ثلاثة مستويات تماثل ، أو كليهما. معنى ذلك أن فصيلة الثلاثي تضم خمسة نظم بلورية. وعلى هذا الأساس وجد أن الفصائل البلورية لاسبعة تضم ٣٢ نظاما بلوريا ، وفي كل فصيلة يوجد نظام واحد يحتوي على أعلى تماثل بين النظم التابعة لهذه الفصيلة. ويعرف هذا النظام باسم النظام الكامل التماثل .

قلنا إن المعدن يتميز بتركيب كيميائي خاص ، فقد يكون عنصرا (قلة) أو مركبا كيميائية (كثرة). وتعتبر معرفة التركيب الكيميائي للمعادن ذات أهمية كبرى في دراستنا لها. إذ تتوقف طبيعة المعدن ، وخواصه المختلفة إلى درجة كبيرة على تركيبه الكيميائي. ويمكن التعرف على كثير من المعادن بسهولة بواسطة خواصها الفيزيائية والكيميائية معا ، ويمكن تعيين العناصر الأساسية في تركيب المعدن بسرعة بواسطة طرق لهب البوري أو أنبوب النفخ ، وهذه الطرق لا تستلزم جميع الأجهزة والكيماويات الموجودة في معمل كيميائي ، ولكن تتكون أهم أجهزتها من أجهزة بسيطة.

ولكن نظرا لأن المعادن توجد في الطبيعة – في معظم الحالات – في هيئة مجموعات بلورية متجانسة أو غير متجانسة ، وكذلك في هيئة مجموعات معدنية متبلورة ، مثل التوائم ، والبلورات النطاقية ، والمجموعات غير المنتظمة والمجموعات الحبيبية والشجرية والعنقودية .. الخ ، غالية الثمن. وفي هذه الأخيرة لا توجد أوجه بلورية على مادة المعدن مما يجعل التعرف على المعدن – إعتمادا على خواص أوجهه البلورية وتوزيعها – مستحيلا ، لذلك فإننا نلجأ إلى طريقة أخرى للتعرف على المعدن وتمييز عن غيره. هذه الطريقة هي الإستعانة بخواص المعدن الفيزيائية وهي خوصا سهلة التعيين. ولما كانت هذه الخواص تتوقف على كل من البناء

الذري التركيب الكيميائية فإنها في مجموعها مميزة لكل معدن. والخواص الفيزيائية التالية لا يمكن حصرها في ستة أقسام يمكن تعيينها في العينات اليدوية دون الحاجة إلى الإستعانة بأجهزة خاصة معقدة:

١- خواص بصرية: وهذه خواص تعتمد على الضوء ، ومن أمثلتها البريق ، واللون ، وعرض الألوان ، والتضوء ، والشفافية ، والمخدش. ٢- خواص تماسكية: وهذه خواص تعتمد على تماسك مادة المعدن ومدة مرونتها ، ومن أمثلتها الصلادة ، والإنفصام ، والإنفصال ، والمكسر ، والقابلية للطرق والسحب. ٣- خواص كهرومغناطيسية: وهذه خواص تتوقف على الكهربائية والمغناطيسية ، ومن أمثلتها الكهرباء الحرارية ، والكهرباء الضغطية والمغناطيسية. ٤- الوزن النوعي : أو بمعنى آخر كثافة المعدن بالنسبة لكثافة الماء. ٥- خواص حرارية: تضم هذه الخواص أنواع عدة مثل حرارة التكوين ، وحرارة التبلور ، والتوصيل الحراري ،والتمدد الحراري ، وحرارة الذوبان ، والقابلية للإنصهار . ولكن أهم هذه الخواص بالنسبة للتعرف على المعدن هي خاصية القابلية للإنصهار. ٦- خواص أخرى مثل المذاق ، الملمس ، والرائحة ، والنشاط الإشعاعي.

تصنيف المعادن كيميائية (على أساس الشق الحامضي) وبلوريا (على أساس البناء الذري) إلى طوائف ثمانية كما يلي :

١- طائفة المعادن العنصرية . ٢- طائفة الكبريتيدات والأملاح الكبريتية . ٣- طائفة الأكاسيد والهيدروكسيد . ٤- طائفة الهاليدات .٥- طائفة الكربونات والنترات والبورات .٦- طائفة الكبريتات والكرمات والتنجستات . ٧- طائفة الفوسفات والزرنيخات .٨- طائفة السليكات .

ويمكن إرجاع نشأة المعادن وتكوينها في الطبيعة إلى أصول أربعة: ١- التكوين من سوائل طبيعية مصهورة تعرف باسم المجما . ٢- التكوين من محاليل. ٣- التكوين من الغازات والأبخرة. ٤- التكوين من مواد صلبة (المعادن الموجودة في الصخور المختلفة) Magma.

ومن هذا نرى الأهمية القصوى للمعادن في بناء مدنية الإنسان ودعم اقتصادياته. اننا نلاحظ أن جميع المواد غير العضوية التي تتداول في التجارة إما أن تكون معادن أو موادا أصلها معادن.

يمكن تصنيف الصناعات التي تستخدم المعادن إلى الأقسام التالية:

١- صناعة الفلزات. ٢- صناعة أشباه الموصلات. ٣- صناعة الخزف. ٤ – صناعة مواد الصنفرة.

٥- صناعة الأحجار الكريمة. ٦- صناعة مواد البناء. ٧- صناعة الحراريات. ٨- صناعة الكيماويات.

للمعادن شأن كبير في دوام حياة الإنسان ، علما بأن جسم الإنسان يتركب من عناصر مختلفة من معادن وأشباه معادن . وهناك العديد من المعادن التي تشكل جزءا أساسيا من الأنزيمات وهي تسهم أيضا في تنظيم العديد من الوظائف الفيزولوجية مثل نقل الأوكسجين إلى خلايا الجسم ، وتوفير الشرارة لجعل العضلات تتقلص ، والمساهمة بعدة سبل لضمان العمل الطبيعي للجهاز العصبي المركزي .والمعادن ضرورية للنمو وصحة العظام وصيانتها . تتوافر معظم المعادن في الأطعمة، ، وكما هي حال الفيتامينات .

قال تعالي: ﴿لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللهُ مَن يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ﴾ (الحديد: 25) .

المراجع

البلورات Crystallography.

Bragg,W,L.: Atomic Structure of Minerals. Cornell University Press, Ithaca, 1937.

Bunn,C.W.: Chemicak Crystallography. Clarendon Press, Oxford, 1966.

Evans, R.C.:An Introduction to Crsytal Chemistry. The University Press, Oxford, 1966.

Maso, B.: Princilples of Geochemistry, 2nd ed. John Wiley and Sons, N.Y., 1958.

Pauling, L.: The Nature of the Chemical Bond. 3rd ed. Cornell Univ. Press. Ithaca, 1960.

Phillips, F.C.: An Introduction to Crystallography. 4ht ed. Oliver and Boyd. Edingburgh, 1971.

Mineralogy المعادن.

Bateman, A.A,: Economic Mineral Deposites.2nd ed. John Wiley and Sons. N.Y. 1950.

Bateman, A.M.: The Formation of Mineral Deposits. John Wiley and Sons, N.Y. 1950.

Bates,R.L.: Geology of Industrial Minerals and Rocks. Harper and Row, N.Y., 1960.

Berry, L.G., and Mason, B.: Mineralogy. Freeman and Co., San Francisco, 1959.

Deer, Howie, and Zussman: An Introduction to the rocl forming Minerals. John Wiley and Sons, N.Y. 1966.

Ford, W.E.: Dana's text book of Minerlogy. 4ht ed. John Wiley and Sons. N.Y., 1932.

Hyrlbut, C.S.: Dana's Manual of Minerallogy. 18th ed. John Wiley and Sons. N.Y. 1971.

Kraus, Hunt , and Ramsdell: Mineralogy. 5th ed. KcGraw Hill Book Co., N.Y., 1959.

Kraus and Slawson: Gems and Gem Materials, 5th ed. McGraw Hil Book Co., N.Y., 1951.

Lindgren, W.: Mineral Deposits. 2nd ed. . McGraw Hil Book Co., N.Y.,1933.

Palache, Berman, and Frondel, Dana's System of Mineralogy. Vols I, andd II, 7th ed. John Wiley and Sons, N.Y., 1944,1951.

Petrology الصخور.

Harker, A,: Metamorphism 2nd ed. Methuen, London, 1933.

Pettijohn, F.J.: Sementary Rocks. 2nd ed. Harper, N.Y., 1957.

Pirsspn, I.V. and A. Knof.: Rocks and Rock Minerals, 3rd ed. John Wiley and Sons, N.Y., 1947.

Abdul-wahab,L.,(1983): Mineralogy of amphibole sand pyroxene from recent sediments of Tigris, Diyala and Adhiamrivers,Iraq.Unpubl. M.Sc. Thesis, Keel Univ.,311p.

Bunn,C.W.: Chemicak Crystallography. Clarendon Press, Oxford, 1966 .

Bateman, A.A,: Economic Mineral Deposites.2nd ed. John Wiley and Sons. N.Y. 1950 .

Bates,R.L.: Geology of Industrial Minerals and Rocks. Harper and Row, N.Y., 1960 .

Hibbard, M.J., 2002. Mineralogy: a geologist's point of view. Mc Graw Hill. 562P.

– محمد عز الدين حلمي – علم المعادن – مكتبة الأنجلو – القاهرة – ٢٠٠٢.

فهرس الكتاب



المؤلف

في/ ٢٠١٤/١١/١٥ م



رقم الإيداع : 11426
الترقيم الدولي : 6 - 3199 -90 -977 - 978



- الاسم :عماد محمد إبراهيم خليل .
- الدرجة العلمية : دكتوراة .
- اللقب العلمي :استاذ مساعد .
- تاريخ ومكان الميلاد : الشرقية – مصر – 1956-11-15.
- التخصص العام : جيولوجيا.
- التخصص الدقيق : الصخور الصلبة (الصخور النارية والمتحولة) والجيوكيمياء.
- بكالوريوس جيولوجيا: كلية العلوم/ جامعة الزقازيق /1979.
- ماجستير: صخور صلبة وجيوكيمياء / كلية العلوم / جامعة الزقازيق 1984 .
- دكتوراة: صخور صلبة وجيوكيمياء/ كلية العلوم/ جامعة الزقازيق 1990 .
- نشر عدة أبحاث في مجالات الصخور الصلبة والمعادن والجيوكيمياء وتلوث التربة والمياه.
- لد يه العديد من مؤلفات الكتب العلمية المصدرية والمساعدة في تخصص جيولوجيا .
- البريد الإلكتروني : ekhalil56@outlook.com





رقم الإيداع : 11426

الترقيم الدولي : 6 -3199 -90 -977 - 978

2014م